

Investigation Expérimentale de Quelques Paramètres Régissant la Productivité d'un Distillateur solaire vertical

M. Boukar, A.Harmim, and M. Amar

Abstract— L'énergie solaire, peut être utilisée, pour la distillation de l'eau saumâtre et de l'eau salée, dans les régions isolées d'Algérie, dépourvues d'eau douce. Ce papier, décrit une investigation expérimentale de quelques paramètres régissant la productivité d'un distillateur solaire verticale fonctionnant à la fois en mode direct et indirect évaluation expérimentale, des performances thermiques d'un distillateur solaire vertical, opérant en mode indirect dans les conditions climatiques du milieu saharien. Le distillation solaire est testé dans des journées de ciel pur et de ciel nuageux pendant les journées de 3, 4, 8,16,17 avril et 21 mai 2006, les résultats des expérimentations ont montré que les paramètres régissant la productivité de distillateur sont le rayonnement solaire, la températures ambiantes et les températures des saumures des deux bassins, l'ajout d'un colorant pour le bassin supérieur améliore la productivité, pour une orientation sud du distillateur la productivité est de 8.06 Kg/m².jour et elle est de 8.654 Kg/m².jour.

Mots clés—Orientation, milieu saharien, énergie solaire, distillation solaire.

I. INTRODUCTION

La distillation solaire ne peut être considérée comme industrielle, car les unités installées ont, au maximum, des capacités de quelques dizaines de mètres carrés. La première utilisation des distillateurs solaires à grande échelle, ayant une surface de 4700 m², sont construit à Las Salinas en Chili en 1874. Pasteur, en 1928, a focalisé les rayons solaires sur un tube chaudière contenant de l'eau pour produire de la vapeur [1]. Pendant l'occupation française de l'Algérie, Gomella, en 1954[2]. Pour un rendement meilleur et à fin de pallier aux inconvénients du distillateur hot box classique, plusieurs types de distillateurs solaires sont construits et testés

M.Boukar is with Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, Adrar, Algérie (corresponding author to provide phone: 213-(07)-49-51-68; fax: 213-(07)-49-04-92; e-mail: mboukar2@gmail.com).

A.Harmim, was with Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, Adrar, Algérie (corresponding author to provide phone: 213-(07)-49-51-68; fax: 213-(07)-49-04-92; (e-mail: arezki.harmim@yahoo.fr).

M. Amar is with Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, Adrar, Algérie (corresponding author to provide phone: 213-(07)-49-51-68; fax: 213-(07)-49-04-92; (e-mail: abouhich71@gmail.com).

par différents auteurs [3]. Dans la littérature, Nebbia a investigué une recherche sur un distillateur solaire vertical [4], Coffey a expérimenté un distillateur solaire vertical [5]. Kiatsirioat a reporté qu'il existe moins d'informations dans la littérature publiée sur les distillateurs verticaux [6]. En 1980; Wibulswas et les autres [7] ont étudié un distillateur vertical cylindrique. Les auteurs ont construit un distillateur vertical direct [7-8].

II. PROCEDURE EXPERIMENTALE ET INSTRUMENTATIONS

A. Procedure expérimentale

Les essais expérimentaux ont été effectués en site réel, sous les conditions climatiques d'Adrar (latitude 27°53'N, longitude 0°17'W). Pour tenir en compte de l'effet des conditions climatiques sur la production du distillateur, les tests sont effectués dans des journées à ciel clair. La Fig.1 présente le dispositif expérimental de distillateur solaire direct et indirect monté sur la plate forme des essais de l'Unité



Fig. 1. Dispositif Expérimental.

de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien d'Adrar.

Les tests sur le distillateur sont effectués dans l'air libre dans des conditions de ciel différent, le distillateur est orienté en plein sud durant les journées de test des 3, 4, 8, 16 et 17 mai 2006.

Le 21 mai 2006, le distillateur est orienté suivant deux directions, vers l'est le matin à 13 heures temps local et vers la direction ouest du 13 à la fin des tests.

B. Instrumentations

Le rayonnement solaire global sur le plan horizontal est mesuré à l'aide d'un pyranomètre (P), kipp et zonen CM11. T_a la température ambiante est mesurée sous abri à côté du système.

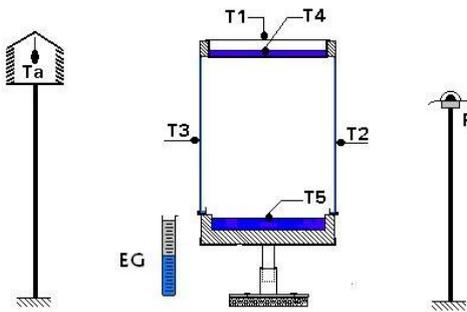


Fig.2, l'emplacement des différents instruments de mesure

Les températures des saumures du bassin supérieur (T4) et la température de la saumure du bassin inférieur (T5) sont mesurées par des thermocouples de type K, les températures des vitrages verticaux, VO et VE du bassin inférieur et la température du vitrage du vitre inclinée sont mesurées par des thermocouples de type K. L'eau distillée est mesurée à chaque heure par un éprouvette graduée de capacité de 1000 ml.

Les thermocouples et le pyranomètre sont reliés à un acquisition de données de marque fluxe, tous les paramètres enregistrés par l'acquisition sont scrutés chaque minute.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 3, présente l'évolution instantanée des températures de la saumure du bassin supérieure et inférieure, du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 3 Avril. La température de la saumure du bassin supérieur est mesurée au milieu de la marche médiane du bassin supérieur. La température instantanée initiale de la saumure pendant la première heure du test à 8 heures est de 20.34°C, à la fin de la première heure la température finale à cette heure est de 33.99°C, ce qui correspond à une variation de la température ambiante pendant cette heure du 23.21 au 29.07°C, la température de la saumure du bassin inférieur,

varie du 20.93 au 24.58°C. La production en eau distillée pendant cette première heure est nulle. Le rayonnement solaire pendant cette heure varie du 352.94 au 442.39 W/m². À la deuxième heure à 9 heures le distillateur commence à produire et cette production est de 0.378Kg/m².heure, la température de la saumure du bassin supérieur varie du 34.17 au 47.53°C. La température de la saumure du bassin inférieur varie du 24.78 au 28.43°C. La température ambiante varie du 28.43 au 32.06 °C. Le rayonnement solaire varie du 218.23 au 661.16 W/m².

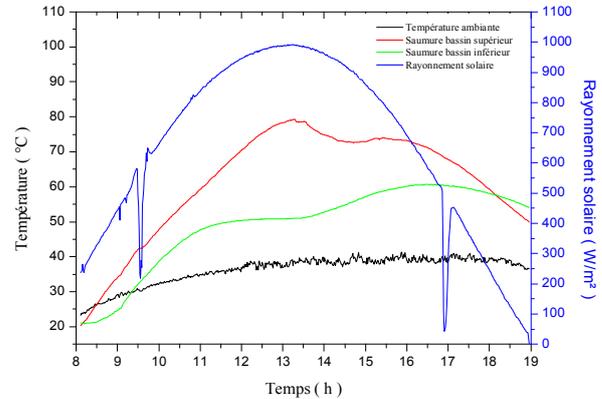


Fig.3 Evolution des températures des saumures et du rayonnement solaire 3Avril

La figure 4, présente l'évolution instantanée des températures du vitrage incliné VI, du vitrage ouest, VO, et du vitrage est, VE du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 3 Avril. Pendant la première heure VI varie du 22.07 au 32.02°C, la production est nulle en eau distillée, VO varie du 22.07 au 32.02°C et VE varie du 24.63 au 32.18°C. Au début de la production en eau distillée pendant la deuxième heure, VI varie du 32.28 au 39.95°C, VO varie du 32.35 au 37.99°C et en fin VE varie du 35.86 au 39.9°C.

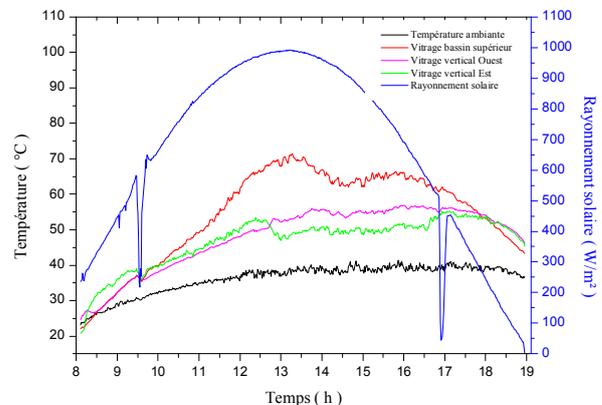


Fig.4 Evolution des températures des vitrages et du rayonnement solaire 3Avril

Le 3 Avril, la température ambiante instantanée maximale est de 41.38°C, cette température est enregistrée dans la tranche horaire 15-16 heures, c'est à dire à 15 heures, la

température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 79.35°C, la température est enregistrée à 13 heures. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 60.68°C, enregistrée à 16 heures. La température maximale du vitrage VI est de 71.37°C, enregistrée à 13 heures, la température maximale du VO est de 56.9°C, enregistrée à 15 heures et la température maximale du VE est de 55.18°C, enregistrée à 17 heures. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 992.02 W/m², enregistré à 13 heures. La plus grande quantité de l'eau est produite à 13 heures, entre 8 et 16 heures, cette productivité est de 0.944 Kg/m².heure. Les résultats du test du distillateur pour deux journées consécutives du 3 et 4 Avril, pour le vitrage, incliné (VI), vertical est (VE) et vertical ouest (VO) du distillateur vertical sont présentés ci-dessous. Le 3 Avril le distillateur est orienté plein sud, journée ensoleillée à ciel moins pur. La production horaire en eau distillée du 8 à 16 heures, obtenue sur les vitrages VI, VE et VO sont respectivement de 3.78, 1.24 et 1.045 Kg/m². La production en eau distillée du 16 à 8 heures du 4 Avril des VI, VE et VO sont respectivement de 1.05, 0.528 et 0.392 Kg/m².heure, la production journalière en eau distillée des VI, VE et VO sont respectivement de 4.84, 1.78 et 1.44 Kg/m².jour. La production journalière du distillateur orientée plein sud le 3 Avril est de 8.06 Kg/m².jour

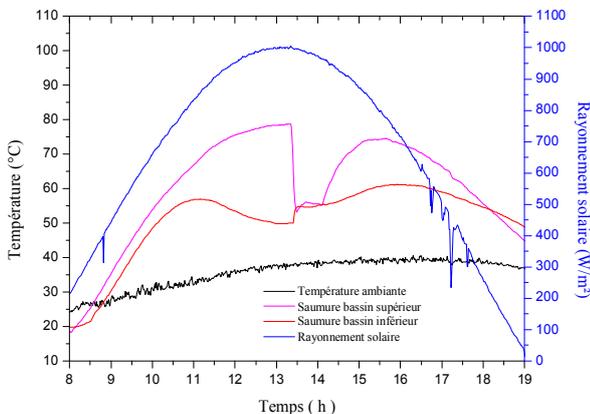


Fig.5 Evolution des températures des saumures et du rayonnement solaire 4Avril

La figure 5, présente l'évolution instantanée des températures de la saumure du bassin supérieure et inférieure, du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 4 Avril. La température de la saumure du bassin supérieur est mesurée au milieu de la marche médiane du bassin supérieur. La température instantanée initiale de la saumure pendant la première heure du test à 8 heures est de 18.39°C, à la fin de la première heure la température finale à cette heure est de 35.04°C, ce qui correspond à une variation de la température ambiante pendant cette heure du 24.21 au 27.78°C, la température de la saumure du bassin inférieur, varie du 19.77 au 30.17°C. La production en eau distillée pendant cette première heure est nulle. Le rayonnement

solaire pendant cette heure varie du 216.08 au 440.78 W/m². À la deuxième heure à 9 heures le distillateur commence à produire et cette production est de 0.444 Kg/m².heure, la température de la saumure du bassin supérieur varie du 35.39 au 53.64°C. La température de la saumure du bassin inférieur varie du 30.45 au 48.27°C. La température ambiante varie du 27.31 au 32.07 °C. Le rayonnement solaire varie du 444.55 au 656.85 W/m².

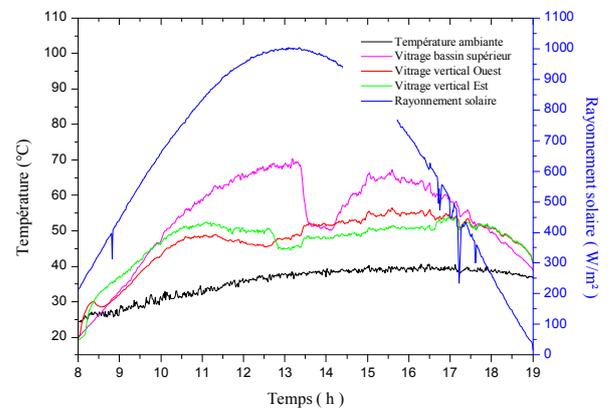


Fig.6 Evolution des températures des vitrages et du rayonnement solaire 4Avril

La figure 6, présente l'évolution instantanée des températures du vitrage incliné VI, du vitrage ouest, VO, et du vitrage est, VI du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 4 Avril. Pendant la première heure VI varie du 20.15 au 39.1°C, la production est nulle en eau distillée, VO varie du 19.9 au 32.02°C et VE varie du 19.29 au 37.13°C. Au début de la production en eau distillée pendant la deuxième heure, VI varie du 32.97 au 46.72°C, VO varie du 32.23 au 42.78°C et en fin VE varie du 36.8 au 46.72°C. Le 4 Avril, la température ambiante instantanée maximale est de 40.62°C, cette température est enregistrée dans la tranche horaire 16-17 heures, c'est à dire à 16 heures, la température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 78.78°C, la température est enregistrée à 13 heures. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 61.26°C, enregistrée à 15 heures. La température maximale du vitrage VI est de 70.78°C, enregistrée à 13 heures, la température maximale du VO est de 56.54°C, enregistrée à 15 heures et la température maximale du VE est de 53.93°C, enregistrée à 16 heures. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 1004.44 W/m², enregistré à 13 heures. La plus grande quantité de l'eau est produite à 13 heures, entre 8 et 16 heures, cette productivité est de 0.944 Kg/m².heure.

Le 4 Avril le distillateur est orienté plein sud, journée ensoleillée à ciel moins pur. La production horaire en eau distillée du 8 à 16 heures, obtenue sur les vitrages VI, VE et VO sont respectivement de 3.56, 0.87 et 0.93 Kg/m². La production en eau distillée du 16 à 8 heures du 5 Avril des VI, VE et VO sont respectivement de 1.32, 0.43 et 0.35 Kg/m².heure, la production journalière en eau distillée des VI, VE et VO sont respectivement de 4.88, 1.31 et 1.28

Kg/m².jour. La production journalière du distillateur orientée plein sud le 4 Avril est de 7.48 Kg/m².jour.

La figure 7, présente l'évolution instantanée des températures de la saumure du bassin supérieure et inférieure, du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 8 Avril. La température de la saumure du bassin supérieur est mesurée au milieu de la marche médiane du bassin supérieur. La journée est caractérisée par un ciel nuageux, le distillateur commence à produire de l'eau distillée à 11 heures. A 11 heures la quantité de l'eau produite est de 0.648Kg/m².heure, la température de la saumure du bassin supérieur varie de 62.74 au 73.23°C. La température de la saumure du bassin inférieur varie de 40.25 au 44.99°C. La température ambiante varie de 31.21 au 36.16 °C. Le rayonnement solaire varie de 778.63 au 921.43 W/m².

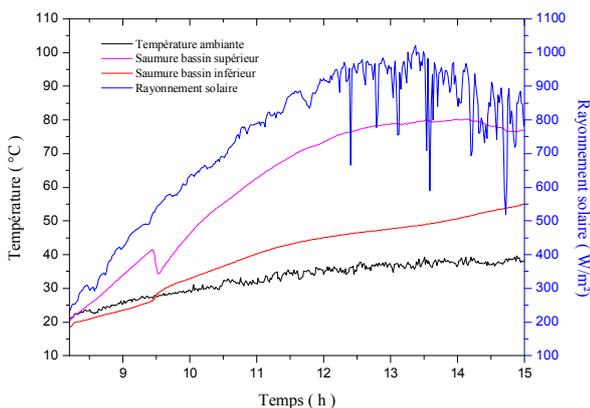


Fig. 7 Evolution des températures des saumures et du rayonnement solaire 8 Avril

La figure 8, présente l'évolution instantanée des températures du vitrage incliné VI, du vitrage ouest, VO, et du vitrage est, VI du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 8 Avril. La production du distillateur est nulle du 8 à 10 heures, à 11 heures le distillateur commence à produire, pendant cette première heure de production, les températures, VI varie de 54.78 au 66.29°C, VO varie du 44.61 au 48.83°C et VE varie du 48.24 au 50.79°C.

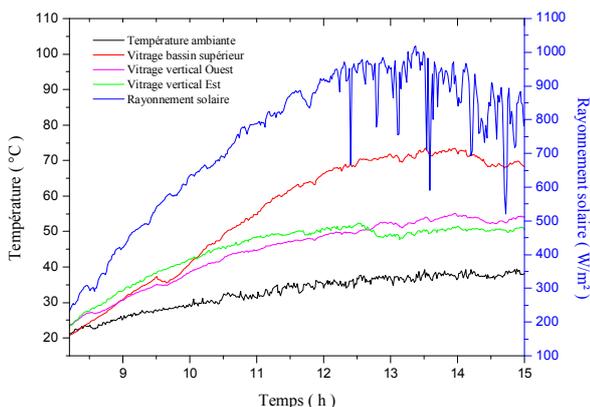


Fig.8 Evolution des températures des vitrages et du rayonnement solaire 8

Avril

Le 8 Avril, la température ambiante maximale est de 39.53°C, cette température est enregistrée à 16 heures, la température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 80.17°C, la température est enregistrée à 14 heures. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 55.52°C, enregistrée à 15 heures. La température maximale du vitrage VI est de 73.55°C, enregistrée à 13 heures, la température maximale du VO est de 55.13°C, enregistrée à 13 heures et la température maximale du VE est de 52.46°C, enregistrée à midi. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 1019.5 W/m², enregistré à 13 heures. La plus grande quantité de l'eau est produite à 13 heures, entre 8 et 15 heures, cette productivité est de 0.992 Kg/m².heure.

Le 8 Avril le distillateur est orienté plein sud, journée moins ensoleillée à ciel nuageux. La production horaire en eau distillée du 8 à 15 heures, obtenue sur les vitrages VI, VE et VO sont respectivement de 3.51, 0.76 et 0.65 Kg/m². Cette journée à ciel nuageux du 8 Avril l'eau distillée est récupérée à partir du 11 heures. La production en eau distillée du 16 à 8 heures du 9 Avril des VI, VE et VO sont respectivement de 1.32, 0.5 et 0.37 Kg/m².heure, la production journalière en eau distillée des VI, VE et VO sont respectivement de 4.84, 1.26 et 1.02 Kg/m².jour. La production journalière du distillateur orientée plein sud le 8 Avril est de 7.12 Kg/m².jour.

Les tests sont effectués les 16 et 17 Avril sur le distillateur orienté plein sud tout en injectant dans la saumure du bassin supérieur un colorant bleu. La figure 9, présente l'évolution instantanée des températures de la saumure du bassin supérieure et inférieure, du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 16 Avril. Le distillateur commence à produire de l'eau distillée à 10 heures. La température ambiante maximale est de 4.37°C, cette température est enregistrée à 15 heures, la température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 76.09°C, la température est enregistrée à 13 heures. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 58.97°C, enregistrée à 16 heures. La température maximale du vitrage VI est de 68.02°C, enregistrée à 15 heures, la température maximale du VO est de 55.42°C, enregistrée à 15 heures et la température maximale du VE est de 52.88°C, enregistrée à 17 heures. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 1006.59 W/m², enregistré à midi. La plus grande quantité de l'eau est produite à 13 heures, entre 8 et 16 heures, cette productivité est de 1.146 Kg/m².heure.

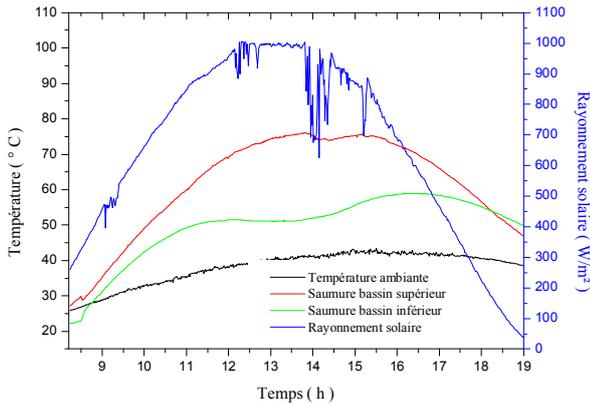


Fig. 9 Evolution des températures des saumures et du rayonnement solaire 16 Avril

La figure 10, présente l'évolution instantanée des températures du vitrage incliné VI, du vitrage ouest, VO, et du vitrage est, VI du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 16 Avril, les températures, VI varie de 25.99 au 68.02°C, VO varie du 28.25 au 55.42°C et VE varie du 28.03 au 52.88°C.

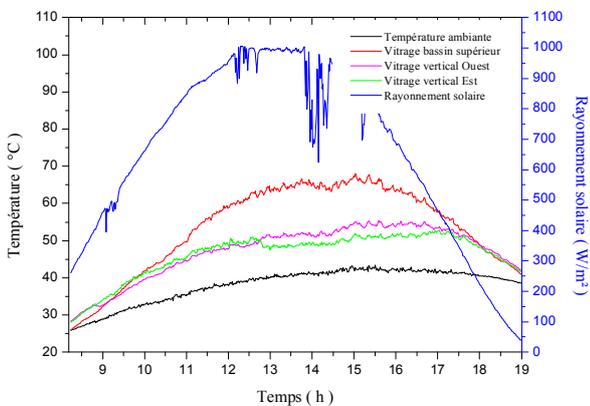


Fig.10 Evolution des températures des vitrages et du rayonnement solaire 16 Avril

Les résultats du test du distillateur pour deux journées consécutives du 16 et 17 Avril, pour le vitrage, incliné(VI), vertical est(VE) et vertical ouest(VO) du distillateur vertical sont présentés ci-dessous. Les tests sont effectués les 16 et 17 Avril sur le distillateur orienté plein sud tout en injectant dans la saumure du bassin supérieur un colorant bleu. Le 16 Avril le distillateur est orienté plein sud, journée ensoleillée à ciel moins pur. La production horaire en eau distillée du 8 à 16 heures, obtenue sur les vitrages VI, VE et VO sont respectivement de 3.51, 0.93 et 0.98 Kg/m². La production en eau distillée du 16 à 8 heures du 17 Avril des VI, VE et VO sont respectivement de 1.36, 0.52 et 0.43 Kg/m².heure, la production journalière en eau distillée des VI, VE et VO sont respectivement de 4.88, 1.45 et 1.41 Kg/m².jour. La production journalière du distillateur orientée plein sud le 16 Avril est de 7.76 Kg/m².jour.

La figure 11, présente l'évolution instantanée des températures de la saumure du bassin supérieure et inférieure, du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 17 Avril. La température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 73.41°C, la température est enregistrée à 14 heures. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 58.11°C, enregistrée à 16 heures. La température maximale du vitrage VI est de 64.32°C, enregistrée à 14 heures, la température maximale du VO est de 53.11°C, enregistrée à 16 heures et la température maximale du VE est de 51.02°C, enregistrée à midi. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 997.94 W/m², enregistré à 13 heures. La plus grande quantité de l'eau est produite à 15 heures, entre 8 et 16 heures, cette productivité est de 1.10 Kg/m².heure.

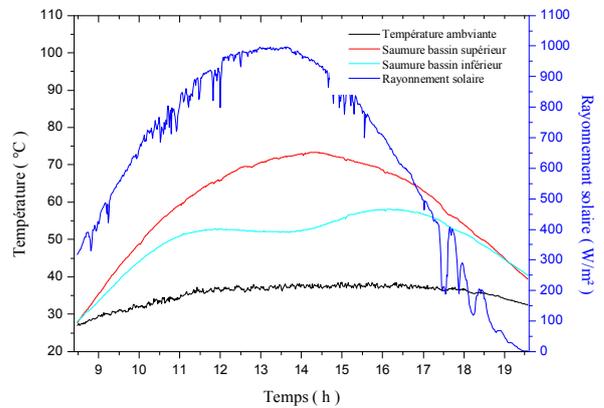


Fig.11 Evolution des températures des saumures et du rayonnement solaire 17 Avril

La figure 12, présente l'évolution instantanée des températures du vitrage incliné VI, du vitrage ouest, VO, et du vitrage est, VI du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 17 Avril, les températures, VI varie de 28.27 64.32°C, VO varie du 31.17 au 53.11°C et VE varie du 31.58 au 51.02°C.

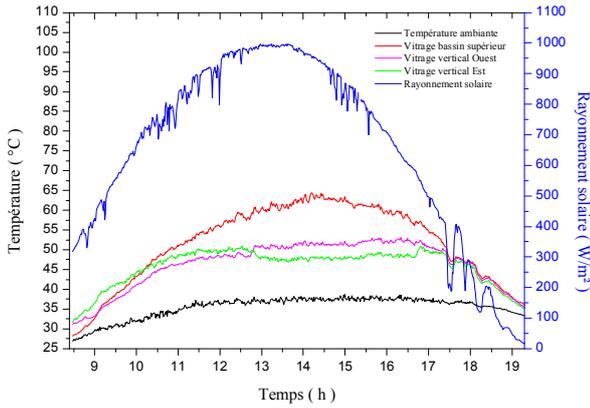


Fig. 12 Evolution des températures des vitrages et du rayonnement solaire 17 Avril

Le 17 Avril le distillateur est orienté plein sud, journée ensoleillée à ciel moins pur. La production horaire en eau distillée du 8 à 16 heures, obtenue sur les vitrages VI, VE et VO sont respectivement de 3.33, 0.98 et 1.11 Kg/m². La production en eau distillée du 16 à 8 heures du 17 Avril des VI, VE et VO sont respectivement de 1.095, 0.5 et 0.41 Kg/m².heure, la production journalière en eau distillée des VI, VE et VO sont respectivement de 4.42, 1.35 et 1.52 Kg/m².jour. La production journalière du distillateur orientée plein sud le 16 Avril est de 7.3 Kg/m².jour.

La figure 13, présente l'évolution instantanée des températures de la saumure du bassin supérieure et inférieure, du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 21 Mai. Le distillateur est orienté vers l'est du 8 à 13 heures, pendant cette période, la température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 77.85°C, la température est enregistrée à midi. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 48.67°C, enregistrée à midi. La température maximale du vitrage VI est de 68.85°C, enregistrée à midi, la température maximale du VO est de 53.44°C, enregistrée à midi et la température maximale du VE est de 49.74°C, enregistrée à 11 heures. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 1058.3 W/m², enregistré à midi. La plus grande quantité de l'eau est produite à 11 heures, entre 8 et 13 heures, cette productivité est de 0.848 Kg/m².heure

Le distillateur est orienté vers ouest du 13 à 8 heures du 22 mai, pendant cette période, la température maximale de la saumure du bassin supérieur est de 79.39°C, la température est enregistrée à 14 heures. La température maximale de la saumure du bassin inférieur est de 53.63°C, enregistrée à 17 heures.

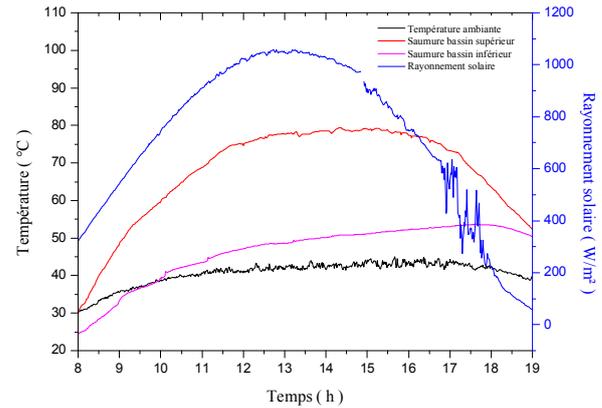


Fig.13 Evolution des températures des saumures et du rayonnement solaire 21 Mai

La figure 14, présente l'évolution instantanée des températures du vitrage incliné VI, du vitrage ouest, VO, et du vitrage est, VI du rayonnement solaire global sur un plan horizontal et comme température témoin la température ambiante, de la journée du 21 Mai. Pour une orientation est du distillateur, la température maximale du vitrage VI est de 68.84°C, enregistrée à midi, la température maximale du VO est de 53.44°C, enregistrée à midi et la température maximale du VE est de 49.74°C, enregistrée à 11 heures. Pour une orientation ouest du distillateur, la température maximale du vitrage VI est de 71.87°C, enregistrée à 14 heures, la température maximale du VO est de 58.21°C, enregistrée à 16 heures et la température maximale du VE est de 57.11°C, enregistrée à 15 heures. Le rayonnement solaire global horizontal maximal est de 1057.19 W/m², enregistré à midi. La plus grande quantité de l'eau est produite à 13 heures, entre 13 heures et 16 heures, cette productivité est de 1.04 Kg/m².heure.

IV. CONCLUSION

Dans ce travail de communication d'un distillateur solaire opérant en mode direct et indirect, exposé en plein air sur la plateforme d'expérimentation de l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en milieu on a investigué les paramètres régissant la productivité en eau distillée d'un distillateur vertical, les conclusions suivant sont à tirer:

- Le rayonnement solaire et la température ambiante influe la productivité en eau distillée du distillateur, l'eau contenue dans les deux bassins est chauffée directement par le rayonnement solaire global.
- Le distillateur produit de l'eau distillée malgré la présence du rayonnement diffuse, l'eau répartie en trois marches, ce qui favorise l'évaporation, la

température de la saumure se rapproche les 80°C.

- L'ajout d'un colorant au bassin supérieur améliore la productivité du distillateur.
- L'eau saumâtre du bassin inférieur serve comme étertie thermique, pour la production de l'eau distillée à un temps retard par rapport au bassin supérieur.
- Dans les conditions des journées ensoleillées le distillateur produit 8.064 litre par mètre carré et par jour, dans les mêmes conditions pour une orientation est le matin et ouest le soir, la production en eau distillée est de 8.654 litre par mètre carré et par jour.

L'améliorions de la conception du prototype permet d'améliorer sa productivité en eau distillée, ces travaux seront programmés prochainement.

REFERENCES

- [1] M.A.S Malik, G. N. Tiwari, A.Kumar, and Sodha. M.S. Solar Distillation. Pergamon Press, Oxford, 1985.
- [2]] S. G. Tallbert et al. *Manual on solar distillation of saline water*, research and developpement progress report N° 546, U.S.A department of interieur, April 1970.
- [3] Agarwal, H.P, Solar Energy, S. Chand and Co. Ltd New Delhi, India (1985)
- [4] Nebbia , G.,. Pizzoli, E.M., research on a vertical solar still, la ricerca Scientifica, Roma, Vol.29, N°9 (1959) .
- [5] Coffey, J.P., Vertical solar distillation, Solar Energy, Vol.17, N°6 (1975).
- [6] Kiatsiriroat, T., Review of research and development on vertical solar stills, Asian.J.sci.Technol.Develop.6 (1), 15-28, (1989)
- [7] Wibulswas, P et al. Development of solar stills having acrylic plastic covers in Thailand, Alternative energy sources IV, Ann Arbor Science, 2, 385-394, (1982)
- [8] M.Boukar, Harmim,A.,, Develpment and testing of a vertical solar still , Desalination Vol. 158 2003 1989.