

Etude des performances des distillateurs solaires à effet de serre Sous pressions contrôlées et associés À des systèmes de stockages

Z. Belgroun¹, M. Abbas¹, S. Hout¹, Z. Tigrine¹, H. Aburideh¹, D. Belhout¹

¹Unité de Développement des Equipements Solaires, UDES/Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, Bou Ismail, 42415, W. Tipaza, Algérie.

¹Zoubirbelg72@yahoo.fr

¹abbasdreams2003@yahoo.ca

¹Sara.hout@yahoo.fr

¹phyzahia@yahoo.fr

¹h_aburideh@yahoo.fr

¹dalilabelhout@yahoo.fr

Résumé— Notre étude est menée sur des distillateurs solaires conçus et réalisés à l'unité de développement des équipements solaires sise à Bouismail, une ville côtière algérienne.

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence l'influence des paramètres internes et externes sur les performances des deux machines à savoir, la géométrie, la conductivité, le pH, la température, l'irradiation solaire et le volume d'eau à distiller, c'est dans cette optique qu'on a pu évaluer l'efficacité globale et internes des deux systèmes.

Les résultats obtenus, nous ont permis d'optimiser et d'améliorer les conceptions.

Mots clés — distillation solaire, effet de serre, conductivité, pH, efficacité.

I. INTRODUCTION

Le dessalement est depuis longtemps une source d'eau importante dans certaines parties du monde et est devenu une industrie en continuelle évolution. Cette forme de ressource en eau pratiquement illimitée consomme de l'énergie et elle a des impacts sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du concentré (saumure) produit au cours du dessalement, mais aussi des rejets de

produits chimiques utilisés dans les procédés de dessalement. Pour cela, les instances concernées par la protection de l'environnement appellent une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts possibles sur le milieu de rejet choisi à cet effet. . Il ne fait aucun doute que les pays soumis aux aléas climatiques utilisent le dessalement pour couvrir leurs besoins en eau douce, pour cela ils devraient appliquer des lignes directrices ou des procédés appropriés pour l'élimination de la saumure [1]

En Algérie, le problème de l'eau a commencé à se poser avec acuité durant cette dernière décennie qui est caractérisée par une sécheresse persistante provoquant la diminution des ressources en eau. Sur le plan pluviométrique, celui-ci se caractérise par l'insuffisance des précipitations et leur irrégularité dans l'espace et dans le temps (interannuelle et saisonnière).

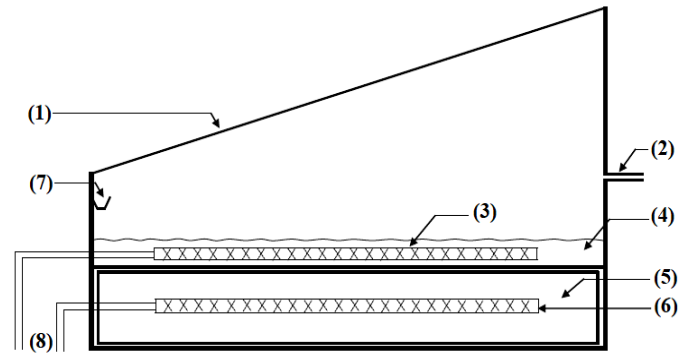
Pour remédier à ces problèmes, le recours à des procédés moins énergivores et amis de l'environnement sont plus que jamais recommandés, la distillation s'avère comme une alternative intéressante si elle est associée à un système de

chauffage et de stockage d'énergie gratuit sujet de notre article.

Description et principe de fonctionnement du système :

Notre distillateur solaire à effet de serre avec stockage d'énergie qui se compose de deux unités distinctes : des capteurs plans thermiques solaires représentant la source de chaleur et une unité de distillation. L'unité de distillation est un bac de 1.20 m de longueur et de 0.9 m de largeur remplis de l'eau à traiter, stagnante avec un revêtement noir de la surface à base d'asphalte pour favoriser l'absorption des rayons solaires. Le bac est surmonté de parois latérales d'une hauteur optimisée et recouvert par une vitre en verre traité, inclinée de 13° par rapport à l'horizontale de façon à optimiser la transmission du rayonnement solaire et permettre un écoulement facile de l'eau en condensation. Le volume d'eau à dessaler est ajusté pour occuper une épaisseur optimisée. La masse d'eau à traiter est chauffée par l'effet de serre en parallèle avec un échangeur de chaleur connecté à un capteur solaire plan pour accélérer l'étape de chauffage en période matinale. Sous l'action de la chaleur, l'eau s'évapore et se condense en eau distillée sur la surface interne de la vitre. Le condensat s'écoule vers les rigoles qui l'acheminent vers le réservoir de stockage d'eau distillée. Par ailleurs, la chaleur solaire de la journée est captée, transférée et emmagasinée dans la masse du socle en béton armé du distillateur. Ce gain en chaleur sert à maintenir le distillateur en production continue même après le coucher du soleil et pendant la nuit [2].

Le distillateur est équipé d'un système de contrôle, de régulation et maintien de pression permettant un fonctionnement du distillateur à pression favorable pour maximiser la production d'eau distillée. De même, le distillateur est muni d'un système de régulation de niveau d'eau automatique variant de 1 à 5 cm et cela pour maintenir une épaisseur de lame d'eau prédéfinie, optimale et constante dans le temps Voir Figure 1.



(1) Vitrage, (2) Système de contrôle de pression, (3) Système de chauffage de l'eau à distillée, (4) Eau brute, (5) Socle en béton, (6) Système de chauffage de socle en béton, (7) Rigole de collecte d'eau distillée, (8) Sortie du chauffage vers capteurs solaires.

Fig. 2. Dispositif expérimental des distillateurs à effet de serre sous pression contrôlée et avec stockage d'énergie



Paramètres et Caractéristiques d'un distillateur

Les paramètres relatifs aux distillateurs solaires sont classés de la façon suivante :

✓ Paramètres externes :

- 1- Paramètres d'ensoleillement.
- 2- Paramètres météorologiques (la vitesse du vent et le long de la vitre joue un rôle Important).

✓ Paramètres internes :

a) **Paramètre géométrique** : Deux nouvelles grandeurs sont introduites pour les distillateurs :

- 1- Inclinaison de la vitre sur le plan horizontal.
- 2- Hauteur du niveau de la masse d'eau à distiller.

b) **Paramètres de fonctionnement**:

Ces paramètres sont les différentes températures du système et du fluide, en particulier la température de l'eau à distiller.

Caractéristiques de fonctionnement:

Le choix d'un distillateur solaire dépend essentiellement de plusieurs grandeurs, appelées caractéristiques de fonctionnement. On distingue le rendement, l'efficacité et la performance [3].

A. Le rendement :

C'est la quantité d'eau produite par unité de surface de plan noir et par jour. L'inconvénient majeur de ce critère est qu'il ne fait pas mention de l'énergie solaire qui arrive sur le distillateur.

B- L'efficacité:

a) L'efficacité globale : L'efficacité globale est définie par le rapport:

$$\eta_g = \frac{Q_{ev}}{I_G \times A_G} \quad [\%]$$

b) L'efficacité interne:

Si l'efficacité globale rapporte la quantité d'eau produite à l'énergie solaire tombant sur 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 pente de couverture fixe. Un changement de pente et la localité fait varier la quantité d'énergie qui entre dans le distillateur.

On définit donc une efficacité dite interne qui tient compte de tous ces paramètres et qui est définie par:

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{Q_w} \quad [\%]$$

R

Q_{ev} : Flux de chaleur utilisé pour l'évaporation de l'eau.

Q_w : Flux de chaleur effectivement reçu par la masse d'eau

Pour une intensité globale, l'expression de Q_w est :

$$Q_w = (\tau_g \cdot \alpha_w + \tau_g \cdot \tau_w \cdot \alpha_b) \times I_G \times A_g = \alpha_t \times I_G \times A_g$$

$$\alpha_t = \tau_g \cdot \alpha_w + \tau_g \cdot \tau_w \cdot \alpha_b$$

D'où:

α_t , étant le coefficient d'absorption fictif de la masse d'eau.

α_w, α_b , respectivement les facteurs d'absorption de l'eau et du fond du distillateur.

τ_w, τ_g , respectivement les facteurs de transmission de l'eau et de la vitre.

A_g : La surface

C-La performance:

Le souci de caractériser un distillateur d'une manière plus absolue a amené ainsi Satcunathan et Hansen [4] à définir le facteur de performance brut (F.P.B) et le facteur de performance horaire (F.P.H).

$$FPB = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout de 24h}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout de 24h}}$$

$$FPH = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout d'une heure}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout d'une heure}}$$

A un instant donné de la journée le facteur de performance « F.P » est donné par la relation :

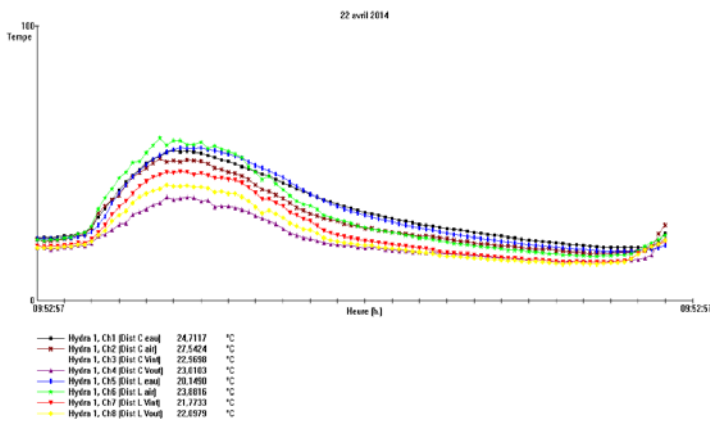
$$F.P = \frac{m}{\alpha_t \cdot I_G \cdot A_g}$$

II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

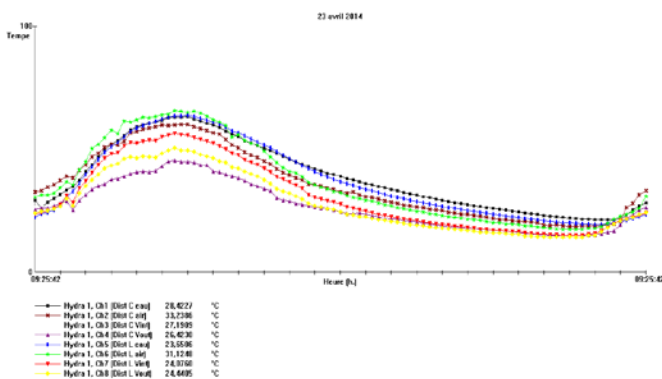
Nos distillateurs sont exposés sous le climat de la ville de Bouismail qui se trouve à une latitude de 36°38'33'' Nord, une longitude de 2° 41' 24'' Est et une altitude de 33mètres. L'étude expérimentale s'est étalée sur 06 jours (21, 22, 23, 24,28)

Avant tout remplissage des bacs de distillations, il est essentiel de caractériser l'eau à traiter par la mesure de la conductivité, du pH et de la température. Pour notre cas, on a une conductivité de 2060 μ S/cm, un pH de 6.39 et une température de 23.1°C donnés par le conductivimètre de type Inolab (Cond level1), pour la mesure des températures aux différents endroits des distillateurs des thermocouples de type K (Chromel-Alumel) sont installés et reliés à une centrale d'acquisition de type Hydra.

La Fig. 3. Illustre la distribution de la température au niveau des distillateurs pour la journée du 22Avril 2014



La Fig. 4. Illustre la distribution de la température au niveau des distillateurs pour la journée du 23Avril 2014



- **Effet de la géométrie et du volume d'eau à traiter sur le rendement :**

Pour cette partie, deux distillateurs ont été testés sans chauffage et sans stockage d'énergie, les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux 1. et 2.

Tab1. Distillateur carré

Date	V _{initial} (L)	V _{distillat}	T (°C)	Cond (μ S/cm)	pH
21.04.2014	20	3,8	18,8	25,3	6,22
22.04.2014	25	3,7	17,8	25,0	6,15
23.04.2014	30	5,2	19,3	24,1	5,77
24.04.2014	35	3,8	31,3	23,9	5,99
27.04.2014	40	4,4	29,9	24,2	5,84

Tab2. Distillateur rectangulaire

Date	V _{initial} (L)	V _{distillat}	T (°C)	Cond (μ S/cm)	pH
21.04.2014	20	3,6	18,9	40,8	6,00
22.04.2014	25	3,3	25,8	25,6	6,02
23.04.2014	30	4,8	19,8	22,3	5,32
24.04.2014	35	3,9	19,2	23,3	5,88
27.04.2014	40	3,9	17,6	23,3	5,60

Les résultats ainsi obtenus montrent que le volume optimal de fonctionnement est de l'ordre de 30 litres pour les deux cas de figure, de plus le distillateur carré présente une quantité de distillat de 5.2 litres plus importante que celle du distillateur rectangulaire pour la journée du 23 Avril 2014.

- **Effet du chauffage sur la production du distillat :**

Durant la journée du 25 Mai 2014, notre étude consistait à fixer un volume d'eau à 25 litres et imposé un chauffage pour les deux configurations c'est-à-dire le carré et le rectangulaire, les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant Voir **Tab3** :

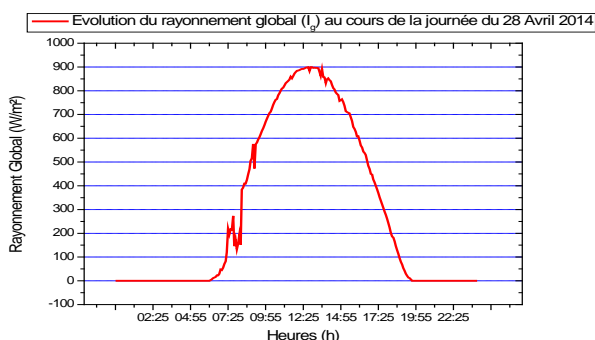
Distillateur	Volume du distillat (litres)	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	pH
Carré	4.7	28.9	6.11
Rectangulaire	4.2	22.2	5.91

De ces résultats, on peut dire que grâce au chauffage, la production est nettement améliorée.

La production est donc tributaire du chauffage qui peut jouer un rôle important pour l'amorçage des distillateurs d'où l'apparition des premières gouttelettes et donc une durée de fonctionnement prolongée.

- Effet du chauffage et du stockage d'énergie sur la production du distillat :

Lors de la journée du 28/04/2014, on s'est proposé d'étudier l'effet du chauffage et du stockage d'énergie sur la production du distillat, notre expérience a été menée sur le distillateur de forme carrée tout en fixant un volume de 30 litres de l'eau brute, les résultats obtenus montrent que l'amélioration de la production est très significative avec une quantité du distillat de 7.1 litres, une conductivité électrique de 22.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et un



pH de 5.78.

Nous signalons que cette journée a été marquée par un ciel couvert, une température moyenne maximale de 19°C et un rayonnement global moyen de 899 W/m^2 .

III.CONCLUSION :

A la lumière de ces résultats, on a pu constater que l'originalité de cette invention réside dans les caractéristiques suivantes:

1. La possibilité de stockage de l'énergie solaire afin de prolonger la durée de fonctionnement de notre distillateur bien au-delà du couché du soleil. Le fonctionnement du distillateur en période nocturne est une caractéristique unique et très avantageuse du fait que la fraîcheur relative de la nuit offre des paramètres thermodynamiques favorisant l'accroissement du rendement du distillateur.
2. La réduction du temps de chauffage en période matinale pour initier la production grâce au chauffage supplémentaire intégré par capteur solaire plan.
3. Le contrôle de la pression permettant de maintenir le distillateur sous pression optimisée favorable aux phénomènes évaporation/condensation pour maximiser le rendement.
4. L'effet du vent sur la production est un paramètre non négligeable peut faire l'objet d'une étude antérieure.

REFERENCES

[1] Impact environnemental de la station de dessalement de Brédéah (Algérie) : entre le légal et le réel. N. NOUREDDINE et N. HASSINI, 2003 Oran, Algérie.
 [2] Brevet « Equipement de dessalement et production d'eau distillée par effet de serre avec stockage d'énergie et sous pression contrôlée » A. Diaf, H. Aburideh, Z. Tigrine, R. Bellatreche, D.Zioui, UDES/EPST CDER 2013.
 [3]] The effect of using different designs of solar stills on water distillation. Imad A1-Hayek a, Omar O. Badran: Desalination 169 (2004) 121-127.
 [4] An investigation of some of parameters involved in solar distillation, Satcunanathan and Hansen: Solar energy, vol 14, pp 353-363, 1973.