



Etude des performances d'un distillateur multi-étages

D. Belhout ^{#1}, S. Hout ^{#2}, Z. Tigrine ^{#3}, H. Aburideh ^{#4}

[#] Division froid et traitement des eaux par énergie renouvelable, Unité de Développement des Equipements Solaires, Route Nationale, N°11, BP 386 Bou-Ismaïl, 42415 Wilaya de Tipaza.

belhout.dalila@yahoo.fr

sarah.hout@yahoo.fr

tigrine.zahia@udes.fr

aburideh.hanane@udes.fr

Résumé— Ce travail a pour objet le test d'un procédé de dessalement par distillation, capable de fournir une source autonome et décentralisée d'eau distillée grâce à une distillation multi-étagée. L'invention concerne un dispositif de distillation multi-étages, lequel comprend un bain de chauffage et plusieurs plateaux métalliques de condensation/évaporation. Le principe est de chauffer de l'eau pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite se débarrasse dans son ascension, des particules lourdes, en particulier des sels. Elle se condense ensuite sur la surface inférieure du plateau pour donner de l'eau distillée. Dans ce travail nous avons étudié l'effet de la distance entre le bain de chauffage et les plateaux déposés, ainsi que le volume initial de l'eau à distiller sur la productivité et la qualité de produit fini. Les résultats de cette étude montrent que la distance entre les 5 plateaux déposés et le bain de chauffage influe légèrement sur la productivité journalière de distillat qui est environ 12 litres d'eau distillée par jour pour chaque plateau déposé séparément. De même pour l'influence de volume initial du bain de chauffage, nous avons constaté que les trois volumes choisis (8, 13 et 18 litres) n'influent pas sur la qualité et la productivité de l'eau distillée. L'analyse de l'eau distillée par mesure de pH et de conductivité, a montré que sa qualité est conforme aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Mots clefs— Multi étages, distillation, eau, productivité, qualité.

I. INTRODUCTION

Dans notre étude, nous avons mis en évidence plusieurs résultats significatifs qui auront certainement une contribution à la conception de nouveaux systèmes de distillation étagés efficaces et optimisés. L'effet de l'espacement et de la distribution des plateaux, des paramètres critiques qui influent sur la qualité et le taux de production du distillat sont sujet de notre étude.

L'eau douce est une matière essentielle dans notre vie quotidienne. Sa disponibilité dans le monde diminue sous l'effet de la croissance démographique et du changement climatique. Pour satisfaire la demande en eau douce dans des régions où les réserves sont insuffisantes, plusieurs pays ont fait appel au dessalement de l'eau de mer. Plusieurs méthodes physiques permettent l'obtention de

l'eau douce à partir l'eau de mer. Celle qui a eu un grand succès à nos jours est la distillation.

La distillation est un procédé de séparation selon lequel un composé volatil d'une solution est évaporé et ensuite condensé. Cette technologie est la plus ancienne utilisée pour dessaler l'eau de mer commercialement.

La distillation étagée est un procédé important et technique fiable pour le dessalement de l'eau pour produire l'eau potable pour divers usages domestiques et socio-économiques des eaux de mer et des eaux saumâtres.

Nous allons présenter dans cette partie, une étude expérimentale sur la faisabilité de dessalement de l'eau par distillation étagée.

II. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le système de distillation présenté dans ce travail se compose de deux unités différentes : l'unité de distillation (système alimentation en eau pour le bain de chauffage) et le système de refroidissement des plateaux du distillateur. La figure (1) présente le montage expérimental utilisé pour le dessalement par distillation étagée.

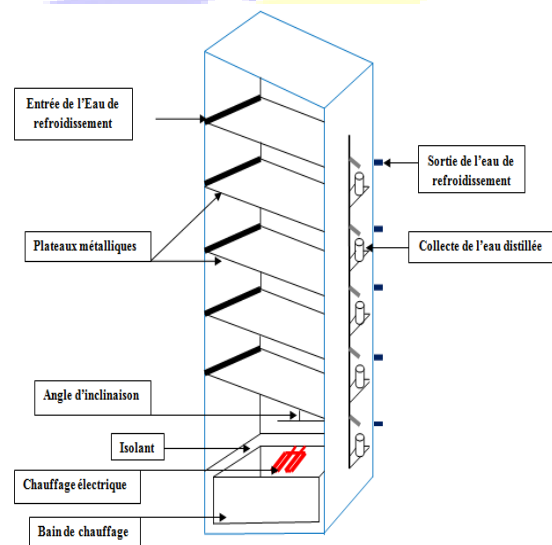


Fig. 1 Schéma de principe du distillateur multi-étages



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014



Les dimensions internes du boîtier du distillateur sont 890mm de haut, 570mm de large et 380mm en profondeur. Le boîtier interne du distillateur est fabriqué en tôle en acier laqué de 0.4mm d'épaisseur. Le boîtier est recouvert d'un isolant thermique en polystyrène expansé de 2cm d'épaisseur. L'extérieur du boîtier est fabriqué en carton ondulé de 5mm d'épaisseur. La porte du distillateur qui est la face frontale est fabriquée en tôle d'aluminium de 0.4mm d'épaisseur. L'assemblage de la porte sur le boîtier du distillateur se fait par vis. L'isolation thermique de la porte est en carton ondulé 5mm d'épaisseur. Le bain de chauffage est fabriqué en tôle laquée de 0.4mm d'épaisseur.

Les dimensions de l'évaporateur sont de 500 mm de longueur, 300mm de largeur et 130mm de profondeur. L'évaporateur repose sur une isolation thermique en polystyrène expansé de 5cm d'épaisseur. L'eau de l'évaporateur est chauffée électriquement par un thermoplongeur de 1200 watts. Le contrôle et régulation de température de l'eau dans l'évaporateur à $\pm 1^\circ\text{C}$ se font manuellement par interrupteur marche/arrêt. Le premier plateau du distillateur est positionné à une hauteur "h" au dessus de la cuve de l'évaporateur. La largeur du plateau est fixée par la profondeur du boîtier du distillateur qui est de 380mm. Par contre la longueur du plateau est prédéterminée par l'inclinaison " α " du plateau ($\alpha=14^\circ$).

III. PRINCIPE DE DISTILLATION ETAGEE

Lorsque l'eau de bain de chauffage est chauffée électriquement, elle s'évapore et se condense à la surface inférieure « froide » du plateau, et libère de la chaleur latente qui est transmise par conduction au film d'eau ruisselant sur la face supérieure du plateau. L'idée est de concevoir un système qui est capable de générer de la vapeur d'eau au niveau de la face supérieure du plateau à partir de la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau provenant de bain de chauffage. Un tissu en coton et de faible densité est placé sur la surface supérieure du plateau pour permettre à l'eau de refroidissement, ruisselant sur le plateau, de mouiller uniformément et se répartir sur toute la surface du plateau.

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le distillateur est équipé d'un seul étage; un seul plateau. Les expériences consistent à chauffer l'eau de bain de chauffage à une température déterminée puis maintenir la température constante autour de 90°C , durant la période de temps nécessaire pour mesurer le débit de production d'eau distillée de distillateur. Il est à signaler que le débit volumétrique de l'eau de refroidissement du plateau est maintenu constant durant les mesures. Les essais ont été menés avec l'eau de robinet.

Dans une première partie nous avons étudiés l'effet de la distance entre les plateaux et le bain de chauffage sur le rendement de production d'eau distillée, nous avons effectué une série d'expériences aux différentes distances : 10, 20, 30, 40, et 50cm. Chaque distance présente un plateau déposé séparément.

Pour chaque changement de distance entre le bain de chauffage et les plateaux, et d'après les résultats représentés sur la figure 2, nous avons constaté une légère diminution de débit d'eau distillée en passant du premier plateau arrivant au cinquième plateau, avec un taux de production d'environ 12 l/jour d'eau distillée pour le premier plateau.

Plus qu'on s'éloigne du bain de chauffage, plus la distance augmente, et par conséquent la productivité d'eau distillée diminue.

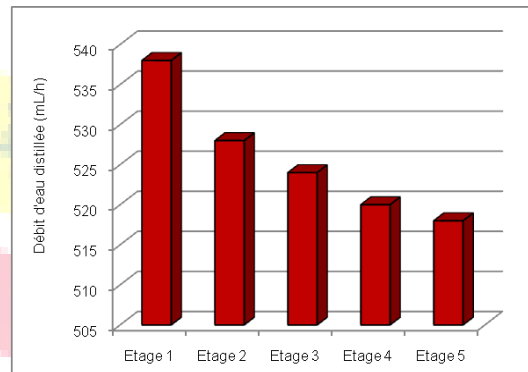


Fig. 2 Evolution de la production de l'eau distillée au niveau de chaque étage.

L'analyse de l'eau distillée produite suivant cette expérience en mesurant sa conductivité et son pH est représentée sur la figure 3, la conductivité de l'eau distillée collectée au niveau des 5 plateaux, variée entre 45,7 et $12,7\mu\text{s/cm}$, mais en général ces valeurs de conductivité restent conformes aux normes fixées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). De même pour le pH qui est autour de 6 pour toutes les expériences effectués.

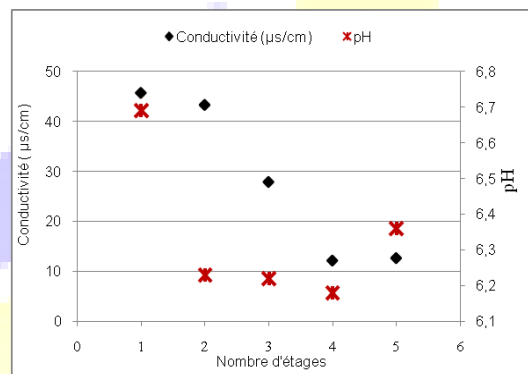


Fig. 3 Evolution de la production de l'eau distillée.

Pour toutes les expériences qui suivent on travaille seulement avec le premier plateau.

L'influence de volume initial du bain de chauffage sur la production d'eau distillée a été encore étudié dans notre travail, pour cela on a testé trois volumes (8, 13 et 18 litres), les résultats de cette expérience sont portés sur la figure (4).



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Gharđaia - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



Les résultats obtenus ont permis d'expliquer que les trois volumes initiaux choisis n'ont pas une influence importante sur le taux de production. Le rendement de production d'eau distillée pour chaque volume est de 12,5 à 13 l/jour.

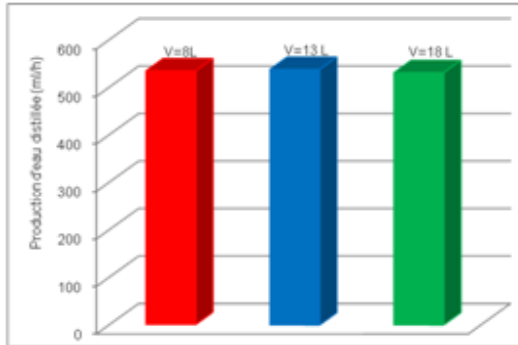


Fig. 4 Production horaire d'eau distillée pour les trois volumes initiaux (8, 13 et 18 litres).

L'analyse de conductivité et de pH de l'eau distillée produite avec ces trois volumes, montrent que sa qualité reste conforme aux normes fixées par OMS, avec une conductivité inférieure à 50 $\mu\text{s/cm}$, et un pH légèrement acide comme illustre la figure (5).

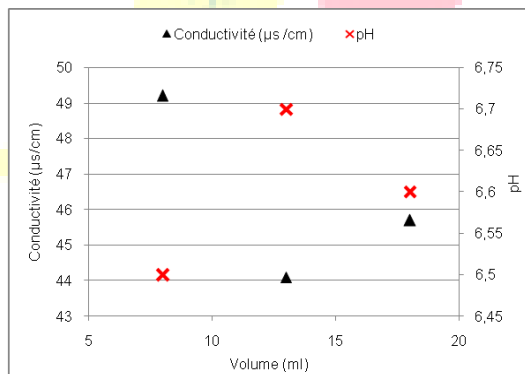


Fig. 5 Résultats d'analyse d'eau distillée produite pour les trois volumes initiaux choisis (8, 13 et 18 litres)

Une application sur une eau saumâtre et une eau de mer est nécessaire pour évaluer l'efficacité de l'appareil, pour cela nous avons effectué cette expérience, en utilisant toujours un seul plateau, les résultats obtenus sont portés sur la figure 6.

La comparaison entre les trois types d'eau étudiées (l'eau de robinet, l'eau saumâtre et l'eau de mer) montre que le taux de production d'eau distillée produite est uniforme, il est de l'ordre de 13 l/j. Ces résultats suggèrent que la concentration initiale en sel de la solution n'influe pas sur le rendement de la distillation.

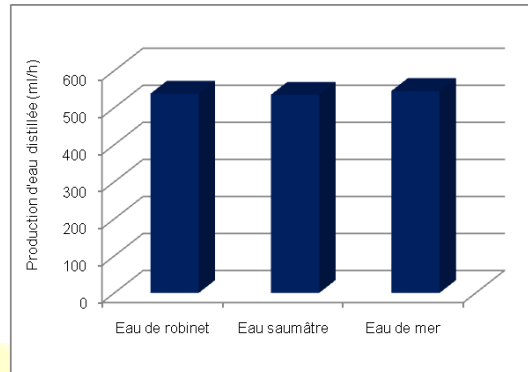


Fig. 6 Production horaire d'eau distillée pour les trois types d'eau utilisés

Si l'on compare maintenant entre la conductivité initiale et finale de chaque type d'eau, il apparaît clairement que ce procédé est très fiable. Les figures 7 et 8 confirment l'efficacité de l'appareil de distillation en terme de qualité, la conductivité initiale de l'eau saumâtre qui est de l'ordre de 10200 $\mu\text{s/cm}$, a diminué à 36,9 $\mu\text{s/cm}$ après le distillation, de même pour la conductivité initiale de l'eau de mer 49800 $\mu\text{s/cm}$ qui a été chuté à 24,2 $\mu\text{s/cm}$.

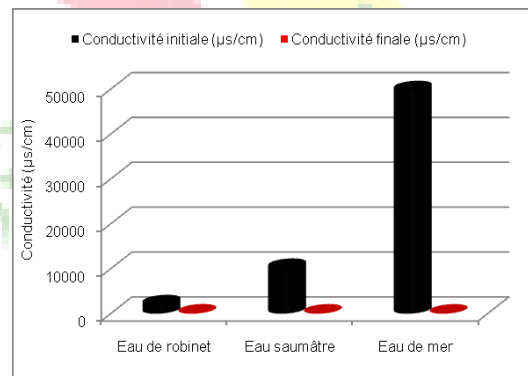


Fig. 7 Comparaison entre la conductivité initiale et finale des trois types d'eau utilisés.

Le pH mesuré compris entre 6,4 et 6,8 pour les trois types d'eau, il est généralement légèrement acide et il caractérise l'eau distillée de meilleure qualité.

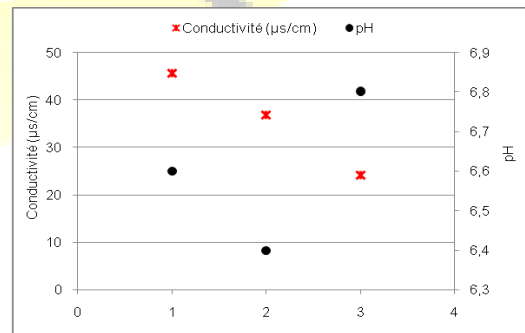


Fig. 8 Résultats d'analyse d'eau distillée pour les trois types d'eau utilisés.



V. CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude montrent que la distance entre les 5 plateaux déposés et le bain de chauffage influe légèrement sur la productivité journalière de distillat qui est environ 12 litres d'eau distillée par jour pour chaque plateau déposé séparément. De même pour l'influence de volume initial du bain de chauffage, nous avons constaté que les trois volumes choisis (8, 13 et 18 litres) n'influent pas sur la qualité et la productivité de l'eau distillée.

En ce qui concerne l'analyse de l'eau distillée par mesure de pH et de conductivité, a montré que sa qualité est conforme aux normes de (OMS).

Une application de cette technique de purification sur une eau saumâtre et une eau de mer a montré que le taux de production d'eau distillée produite est uniforme et présente des meilleurs résultats en terme de qualité.

REFERENCES

- [1] Khedim A. « Mesure et Caractérisation Thermodynamique d'un Nouveau Système Solaire de Dessalement de l'Eau de Mer avec Récupération de Chaleur. Rev. Energ. Ren. » 11èmes Journées Internationales de Thermique 1-12, 2003.
- [2] Diaf A., Tigrine Z., Aburideh H., Tassalit D., Alaoui F. and Abbad B. « Engeneering study and equipment design: Effects of temperature and design variables on yield of a multi-stage distillatory » World Academy of Science, Engineering and Technology 63, 2012.
- [3] Diaf A., Aburideh H., Tigrine Z., Tassalit D., Alaoui F. « Effect of Temperture on the Performance of Multi-Stage Distillation » World Academy of Science Engineering and Technology 66, 2012.
- [4] Mahmoud, I, Shatat M., Mahkamov K. « Determination of rational design parameters of a multi-stage solar water desalination still using transient mathematical modeling. Renewable Energy », 35 52-61, 2010.
- [5] Adhikari R.S., Kumar, H.P « Techno-economic analysis of a multi-stage stacked tray (MSST) solar still ». Desalination 127 19-26, 2000.

