

Modélisations mathématique et numérique du dessalement de l'eau de mer

A. ECHCHIKHI, K. GUERAOU, E. H. ELRHALEB, S. MEN-LA-YAKHAF, M. DRIOUICH, M. TAIBI, M. BELCADI
Team of modelling Faculty of sciences, Mohammed V University, Rabat B.P. 1014, Rabat, Morocco
kgueraoui@yahoo.fr

Résumé:

Le manque des ressources en eau douce devient un problème primordial dans ces derniers temps, il est en effet un bien indispensable à la survie pourtant sa disponibilité n'est pas assuré partout et sa consommation devient plus intense vue l'augmentation de la population et l'irrégularité des précipitations ainsi que l'influence du réchauffement climatique.

Ce travail est consacré à élaborer une étude qui consiste à établir un code numérique pour simuler la purification de l'eau de mer afin d'avoir une eau douce nécessaire à l'usage domestique et industriel. Un modèle mathématique correspondant au processus de dessalement de l'eau de mer a été implanté pour simuler la technique de la distillation thermique appliquée sur un distillateur solaire plane, les résultats de simulation permettent d'appréhender la séparation des particules salines de l'eau.

Nous avons utilisé la méthode des différences finis schéma implicite pour résoudre les équations de Chaleur couplées et non linéaires.

Mot clés : Purification, dessalement, distillation thermique model mathématique, méthode des différences finis, schéma implicite, équation de chaleur.

Les différents échanges de chaleur qui se produisent dans un distillateur solaire. Elle est fondée sur les bilans suivants :

1) Modélisation Mathématique

Un distillateur solaire plan est constitué d'une capacité étanche surmontée d'une vitre. La partie inférieure est recouverte d'un plan d'eau (eau salée). Sous l'action du flux solaire frappant la surface transparente, l'eau s'échauffe, s'évapore, la vapeur produite se condense sur la face intérieure de la vitre, et le condensat est récupéré dans un récepteur; un appoint d'eau compense le débit de distillat. Afin de réduire les pertes de chaleur vers l'extérieur, les parois latérales et inférieures sont isolées. les différents échanges de chaleur qui se produisent dans un distillateur solaire.

D'une façon générale, la densité de flux thermique échangé entre deux surfaces l'une portée à la température T1 et l'autre à la température T2 est régie par une équation simple de la forme :

$$Q = h.(T_1 - T_2) \quad (1)$$

Q : Densité de flux thermique en (W/m2).

h : Coefficient du mode de transfert de chaleur en (W/m2.K).

1.1) Bilan énergétique dans un distillateur simple :**1.1.1) Echange de chaleur à l'intérieur du distillateur**

- ✓ Echange de chaleur entre l'absorbeur et la surface de condensation
- ✓ Echange de chaleur entre la vitre et la surface d'eau
- ✓ Echange de chaleur entre la vitre et l'ambient.

➤ **Bilan de vitrage :**

$$M_v C_p \frac{dT_v}{dt} = (1 - \rho_v) \alpha_v G_h + Q_{R.E-V} + Q_{C.E-V} + Q_{Evap} - Q_{R.V-A} - Q_{C.V-A} \quad (2)$$

➤ **Bilan de l'eau :**

$$M_E C_p \frac{dT_E}{dt} = (1 - \rho_v)(1 - \alpha_v) \alpha_E G_h + Q_{C.B-E} - Q_{C.E-V} - Q_{R.E-V} - Q_{Evap} \quad (3)$$

➤ **Bilan du bassin inférieure :**

$$M_B C_p \frac{dT_B}{dt} = (1 - \rho_v)(1 - \alpha_v)(1 - \alpha_E) \alpha_B G_h - Q_{C.B-E} - Q_{Perte(B)} \quad (4)$$

➤ **Bilan d'isolant :**

$$M_I C_p \frac{dT_I}{dt} = Q_{Cond.I-B} - Q_{Perte(I)} \quad (5)$$

➤ **Débit du condensat**

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{Evap} \frac{(T_E - T_v)}{h_{fg}} \quad (6)$$

1.2) Résolution du système d'équations :

Le système d'équations régissant le fonctionnement du distillateur solaire se compose de 5 Équations différentielles du 1er ordre. Nous avons à déterminer les différentes Températures qui réagissent dans le distillateur.

En fin de compte, ces équations se résolvent par la méthode des Différence Finis, rappelons brièvement son principe.

1.3) La méthode des différences finis schéma implicite :

En analyse numérique, la **méthode des différences finis schéma implicite** est une technique courante de recherche des solutions approchées d'équations aux dérivées partielles qui consiste à résoudre un système de relations liant les valeurs des fonctions inconnues en certains points suffisamment proches les uns des autres.

2) Résultats et interprétation :

Résultats théoriques :

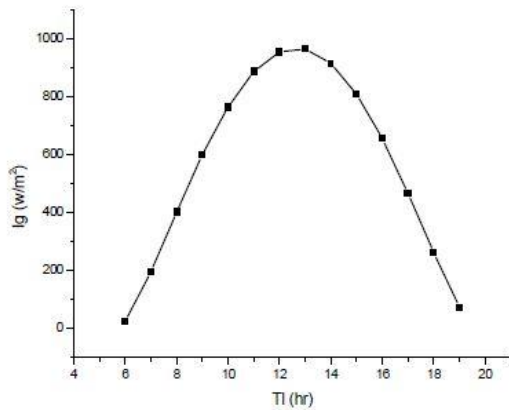


Figure 1 : Variation temporelle du rayonnement global [1]

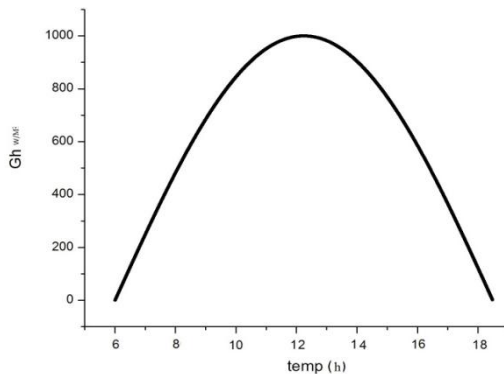


Figure 1' : Variation temporelle du rayonnement global

L'évolution temporelle du rayonnement global reçu par unité de surface plan horizontale est illustrée par les figures en dessus en qui permet de remarquer que l'irradiation solaire atteint une valeur maximale aux environs de (13h), au moment où le soleil est à son zénith. Les valeurs minimales sont aux moments du lever et du coucher du soleil.

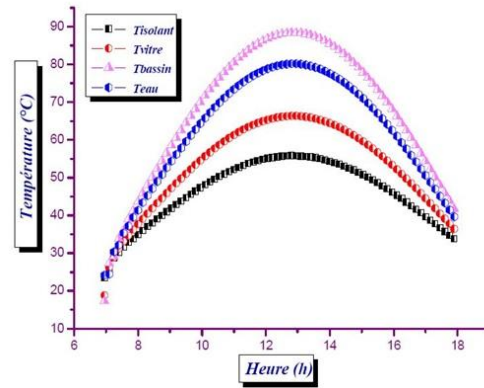


Figure 1 : Variation des Températures des différents éléments du distillateur [1].

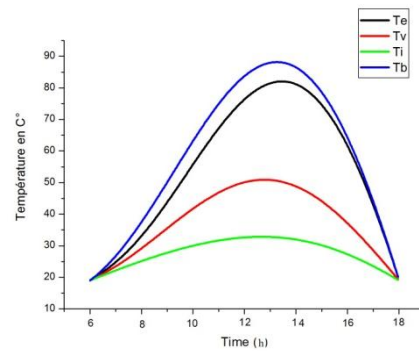


Figure 1' : Variation des Températures des différents éléments du distillateur

Le bac du distillateur est considéré comme capteur de chaleur. La Figure en dessus illustre l'augmentation de la température de la bac par port au autre composant du distillateur ceci expliqué par le coefficient d'absorption assez élevée de la peinture noir .La température de l'eau est proche a celle du bassin, cette dernière est chauffée surtout par convection et d'un degré moindre par conduction (convection naturelle).

La faiblesse de la 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. Afin de réduire la perte de chaleur à travers la base, nous utilisant un isolant thermique exposé vers le milieu extérieure, ce qui explique la faiblesse de la température de l'isolant sur la Figure en haut par l'échange convectif avec le milieu ambiant.

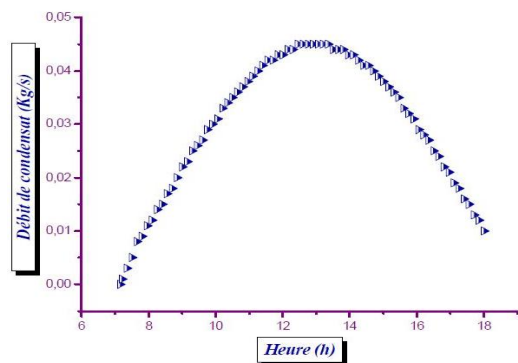


Figure 2 : Le débit de condensat.[1]

La figure au dessus illustre la variation temporel du debit du condensat il atteint sa valeur maximal lorsque que l'irradiation solaire atteint une valeur maximale à la mi-journée (13h), au moment où le soleil est à son zénith .

Conclusion :

Dans notre étude en envisage principalement le distillateur solaire conventionnel, ce dernier est basé sur le principe de l'effet de serre. Le distillateur se compose d'un bassin recouvert d'une couche noire absorbante et d'un couvert transparent en verre ordinaire ou parfois en plastique mis en pente. L'augmentation de la température due à l'effet de serre fait réchauffer l'eau qui s'évapore. Cette capacité d'évaporation grandit au fur et à mesure que la température augmente jusqu'à ce que l'air atteigne sa saturation en vapeur d'eau. La vapeur d'eau ainsi obtenue se condense sous le vitrage. Les gouttelettes d'eau s'écoulent vers la partie inférieure du vitrage dans une gouttière conduisant à un réservoir de stockage de récupération du distillat.

Notre travail vise a crée un modèle de calcul numérique du distillateur proposé, Aussi, L'outil choisit pour la résolution numérique est la méthode de différence Finies schéma implicite, bien adaptée à ce genre de problème. A travers les résultats obtenus, on a constaté une forte concordance entre les résultats de la simulation numérique et la littérature.

Références Bibliographiques :

[1]: Fedali .Saida, **Modélisation Et Conception D'un Distillateur Solaire Des Eaux Saumâtres A Bas Coût**

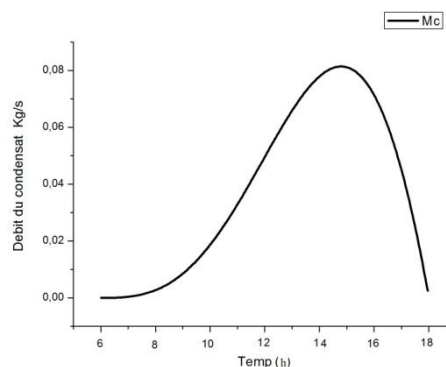


Figure 2' : Le débit de condensat

Pour Les Communautés Rurales Faculté Des Sciences De L'ingénieur Département De mécanique/Juin2008

[2] **Solaire: Amélioration de la Condensation de la Vapeur d'Eau dans les Distillateurs Solaires "**, International Forum on Renewable Energies, FIER, Tétouan-Maroc, FIER, Laboratoire de Thermodynamique Métallurgique et Rhéologie des Matériaux, Département de Physique, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, BP 28/S, Agadir, Maroc, **2002**

[3]: R. Bernard, G. Menguy, M. Schwartz "**Le Rayonnement Solaire Conversion Thermique et Applications "**, Technique et Documentation, Paris, **256 p, 1979.**

[4]: Mousa Abu-Arabie, Yousef Zurigat, Hilal Al-Hinai, Saif Al-Hiddabi "**Modelling and Performance Analysis of a Solar Unit With Double-Glass Cover Cooling**", Desalination, **143,173-182, 2002.**

[5]: Mousa Abu-Arabia, Yousef Zurigatb "**Year-Round Comparative Study of Three Types of Solar Desalination Units "**, Desalination, **172, 137-143, 2005.**