

Dessalement de l'eau de mer en utilisant de l'énergie solaire dans la serre agricole

T.Tahri^a, A.Bettahar^a, M. Douani^b, S. Al sulaiman^c, H. al-Hinai^c, Y. al mulla^d

^aDépartement du Mécanique, Université Hassiba Ben Bouali, BP 151, Chlef, Algérie

^bDépartement du Génie des procédés, Université Hassiba Ben Bouali, BP 151, Chlef, Algérie

^cDepartment of Mechanical Engineering, Sultan Qaboos University, Al-Khod 123, Muscat

^dDepartment of Bioresource and Agricultural Engineering, P.O. Box 34,

Sultan Qaboos University, Al-Khod 123, Muscat, Sultanate of Oman

Tel. (+) 213 551591304; Email: ntahritoufik@yahoo.fr

Résumé:

Les ressources limitées de l'eau douce dans des zones arides comme les pays du Moyen Orient et Nord d'Afrique MENA, ont amené à l'utilisation de l'eau de mauvaise qualité dans l'irrigation de l'agriculture. Ces derniers peuvent réduire le rendement de récolte et endommager l'environnement. L'agriculture représente 70% de la consommation globale en matière d'eau douce. Compte tenu des phénomènes d'évaporation qui sévissent dans les régions arides, ce taux s'élève jusqu'à 90%.

Cette étude est concentrée sur le concept combinant la serre avec le dessalement de l'eau de mer. Ce concept est destiné pour des applications à échelle réduite dans des endroits isolés où seulement l'eau saline et l'énergie solaire sont disponibles.

C'est ainsi que le dessalement est, par excellence, l'une des technologies qui s'est avérée efficace pour répondre aux besoins de l'agriculture. En exploitant le phénomène de la faible transpiration des serres à eau de mer, la production à usage domestique a conduit à des résultats assez probants, en utilisant le procédé de distillation solaire.

Le dessalement, combinant l'effet de serre à l'utilisation de l'eau de mer tout en exploitant le phénomène de condensation de la vapeur d'eau présente dans l'air, semble répondre favorablement aux besoins d'irrigation agricole.

L'objectif principal de ce travail de recherches est d'analyser la production d'eau douce en utilisant l'énergie solaire dans le dessalement de l'eau de mer dans la serre. Ce système d'exploitation est besoin d'une étude approfondi des évaporateurs, condenseurs et la conception de la serre.

Mots-clés: Dessalement, Serre, Eau de mer, Condenseur, Evaporateur

1. Introduction

Actuellement l'agriculture représente environ 70% de toute l'utilisation humaine de l'eau. Dans les pays arides, ce taux peut excéder 90%. L'insuffisance de l'eau est très nuisible à l'agriculture, on s'attend à ce que la croissance de la population du monde aggrave plus la situation (Vörösmarty et al. 2000). Dans le contexte de dessalement, il est donc approprié de considérer des technologies qui faciliteront une utilisation plus efficace de l'eau dans l'agriculture.



Fig1: La serre de Muscat, Sultanat d'Oman.

La serre de dessalement de l'eau de mer (Fig.1) dont les dimensions sont indiquées dans le tableau 1., fournit un environnement dans lequel la perte de transpiration est réduite au minimum, en même temps en produisant suffisamment d'eau douce pour un usage domestique par un processus de distillation solaire (Davies et al. 2005). Goosen et al. (2000) ont récemment passé en revue un certain nombre d'approches de distillation solaire, se concentrant sur celles impliquant l'humidification et la déshumidification de l'air. Selon ces mêmes auteurs, les processus existent pendant longtemps, mais leur combinaison avec la culture en serre est relativement nouvelle. En effet, des projets de distillation solaire ont été installés dans plusieurs endroits du monde (Delyannis et al. 2001 ; Delyannis, 2003). Dans certains cas, ces projets ont été jugés non rentables pour les maintenir. Il y a un certain nombre de manières dont l'intégration d'une distillerie solaire avec une serre pourrait minimiser les coûts et la rendre économiquement plus favorable. Par exemple, certains composants de la serre, condenseur, évaporateur et tuyauteries sont fabriqués par des matières les moins chères (polyéthylène, PVC, papier, etc...). La serre est conçue pour fournir un environnement relativement frais et humide pour la culture d'une variété d'espèces de récolte évitant de ce fait la contrainte due à la chaleur ou au manque d'eau. En même temps, elle doit livrer le fluide chaud à l'étape de distillation du processus. La conception soignée évite le conflit qui peut surgir entre ces conditions. Dans cet article, nous nous concentrons sur l'étude de l'impacte des paramètres : la température de l'air humide, la température de l'eau de mer, l'humidité relative, la vitesse de l'air et le rayonnement solaire dans la serre, sur le fonctionnement de la serre.

Tableau 1

Paramètres principaux du design du prototype de la serre de Muscat, Oman.

Longueur	45m
Largeur	16m
Hauteur max	4.8m
Vitesse max de l'air	7.09m/s
Dimensions (largeur × hauteur × épaisseur):	
Evaporateur frontal	15.6m×2m×0.21m
Evaporateur arrière	15.6m×2m×0.21m
Condenseur	15m×1.93m×0.8m

2. Description du système de dessalement

La serre de dessalement de l'eau de mer (fig.2) emploie le rayonnement solaire, l'eau de mer et l'atmosphère pour produire de l'eau douce et de l'air frais, créant ainsi une atmosphère de conditions idéales pour la culture des récoltes. Le processus recrée le cycle hydrologique normal dans un environnement commandé. L'eau de mer est pompée d'un puits proche de la mer, naturellement la filtration par le sable empêche l'entrée des particules solides et d'autres impuretés. L'eau filtrée est envoyée au réservoir froid (fig.3) qui alimente en cascade d'abord le condenseur (fig.4) puis le premier évaporateur (fig.5). L'eau de saumure du premier évaporateur retourne au réservoir froid. L'évaporateur frontal est le mur entier du front du bâtiment. Il se compose d'un treillis de nid d'abeilles en carton (fig.6) placé face au vent dominant. L'eau de mer s'écoule goutte à goutte vers le bas au-dessus du treillis, en refroidissant et humidifiant l'air passant à travers le secteur de la plantation. Le jet de sel, le pollen et les insectes sont emprisonnés et filtrés dehors. Les ventilateurs (fig.7) aspirent de l'air qui traverse la serre et la salle d'ombre. L'air est encore humidifié jusqu'au point de saturation, en traversant un deuxième évaporateur d'eau de mer (fig.8).

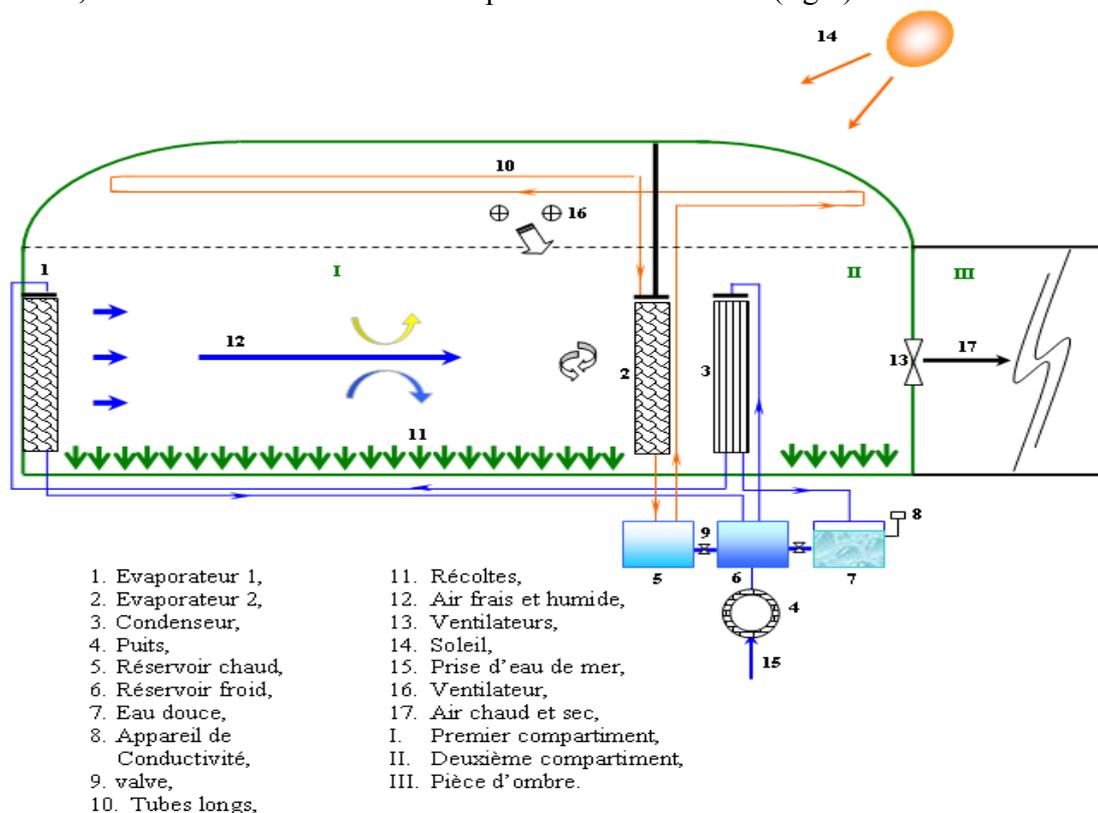


Fig.2: Principe de dessalement de l'eau de mer dans la serre [6]



Fig.3 : Réservoir froid



Fig.4 : Condenseur

Fig.5 : Evaporateur frontal



Fig.6 : Treillis de carton



Fig.7 : Ventilateurs

Fig.8 : Evaporateur 2

Seulement une petite fraction de lumière du soleil est utile pour la photosynthèse. La lumière du soleil est sélectivement filtrée par les éléments du toit pour enlever le rayonnement qui contribue à la photosynthèse afin de pouvoir maintenir la serre fraîche tout en permettant aux récoltes de se développer en haute qualité de lumière. En serre normale, la lumière du soleil restante se traduit en chaleur croissante et exige un grand arrosage. Par contre la serre

de dessalement de l'eau de mer est équipée par un système de récupération qui se compose de longs tubes (fig.9) placés le long de la serre. L'eau de mer dans les tubes est chauffée directement par rayonnement solaire et alimente le deuxième évaporateur avant de revenir au réservoir chaud. L'air sortant du deuxième évaporateur est presque saturé, il passe à travers le condenseur, où circule l'eau de mer fraîche pompée du réservoir froid. Quant à l'humidité saturée, elle se condense sur les tubes verticaux du condenseur (fig.10). L'eau douce condensée est ensuite collectée et amenée au stockage dans le réservoir de l'eau douce (fig.11) pour être utilisée à l'irrigation de la culture dans la serre.

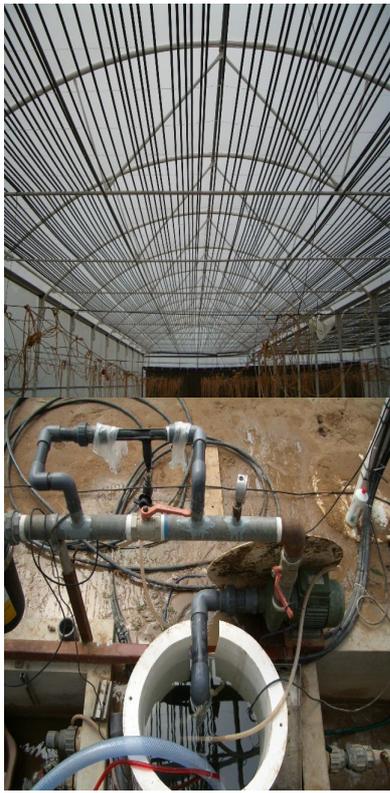


Fig.9 : Tubes longues

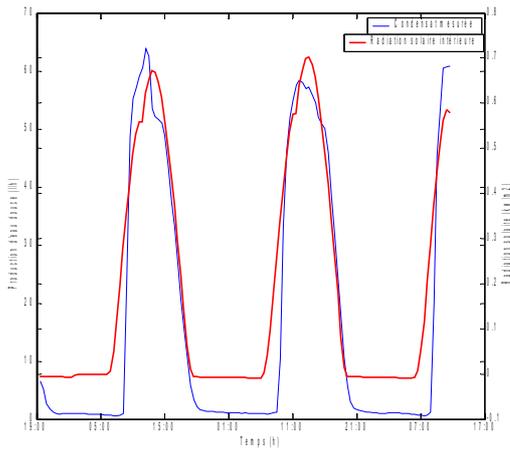


Fig.10 : Condensation

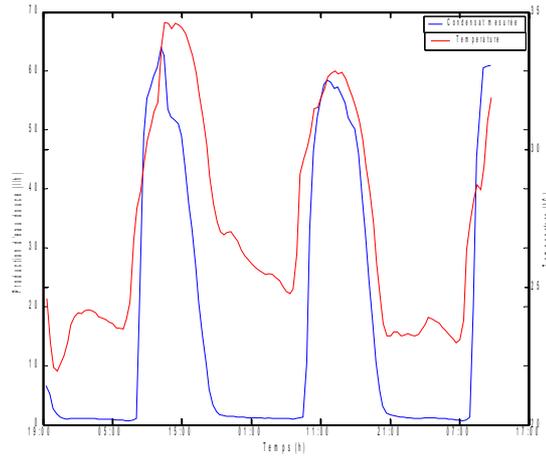
Fig.11 : Réservoir d'eau douce

3. Résultats et discussions :

Les résultats obtenus par l'expérience, illustrent l'impact des paramètres opératoires à l'intérieur de la serre sur la production de l'eau douce et la performance de la serre, ils sont représentés à travers les figures suivantes :

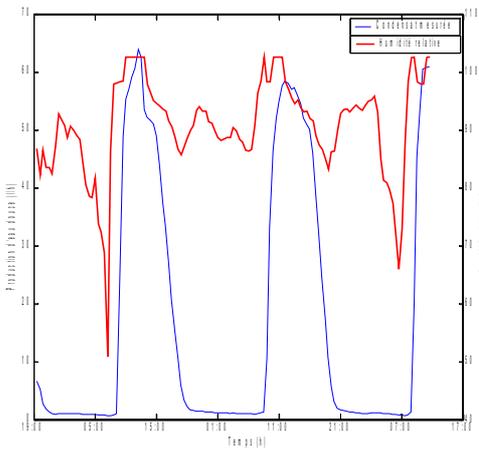


a. Comparaison entre le condensât mesuré et le rayonnement solaire

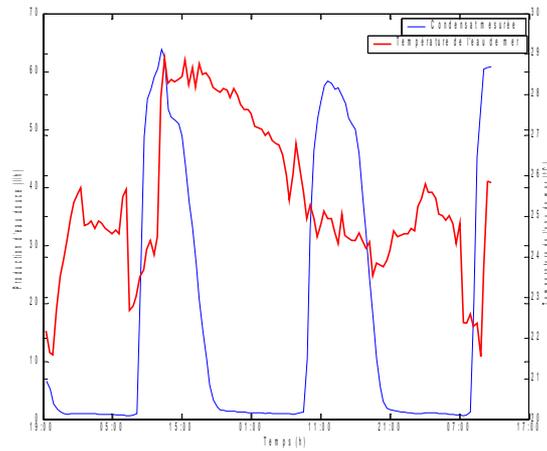


b. Comparaison entre le condensât mesuré et la température de l'air

Fig.12.



a. Comparaison entre le condensât mesuré et l'humidité relative



b. Comparaison entre le condensât mesuré et la température de l'eau de mer

Fig.13.

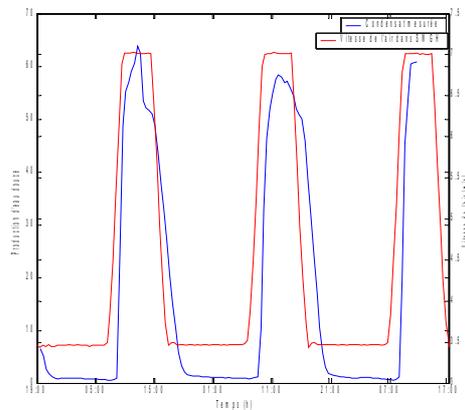


Fig.14. Comparaison entre le condensât mesuré et la vitesse de l'air

L'intensité du rayonnement solaire à l'intérieur de la serre de dessalement de l'eau de mer est un facteur météorologique qui évolue en fonction de la position géographique et les

fluctuations saisonnières. Elle influe directement sur la quantité de chaleur reçue par l'eau dans les tubes placés sur le toit, contribuant ainsi, à l'augmentation de sa chaleur sensible. Cet apport d'énergie se manifeste par l'intensification de l'humidification de l'air par une évaporation de l'eau au niveau de l'évaporateur 2. Cet enrichissement, voire cette saturation de l'air est à exploiter par la mise en circulation d'une eau de mer de plus en plus froide dans le condenseur, afin de rentabiliser l'installation. Le débit du condensât avec la puissance de l'ensoleillement reçue (fig.12.a) sont en parfait accord. Il en découle que le débit d'eau douce (condensât) atteint son maximum dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h lorsque il fait jour et il est presque nul la nuit.

La variation saisonnière de la température de l'air humide à l'intérieur de la serre est fortement liée aux conditions ambiantes d'une part et à la performance effective des deux évaporateurs d'autre part. Pour des températures croissantes, on note une augmentation de la température de saturation, paramètre clé conditionnant la condensation. Le profil de la variation du débit du condensât avec la température de l'air humide est présenté à travers la fig.12.b. On remarque que la température de l'air humide contribue positivement au flux du condensât et que ce dernier atteint son maximum lorsque la température de l'air humide atteint son maximum dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h.

L'absorption de l'énergie solaire conduit à une augmentation conséquente de la tension de vapeur d'eau nécessaire à l'humidification de l'air traversant l'évaporateur 2. Il en découle que l'humidité relative de l'air est une fonction de la variation diurne de l'intensité du rayonnement solaire, laquelle atteint quasi simultanément son maximum dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h (fig.13.a). En effet, une forte valeur de l'humidité relative correspond à une forte valeur du débit de condensât. Il en découle que le débit d'eau douce (condensât) atteint son maximum lorsque l'humidité relative atteint son maximum dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h lorsque il fait jour et il est presque nul la nuit malgré l'importance de l'humidité relative. De toute évidence, une diminution de l'humidité relative se répercute par une augmentation conséquente de la quantité de gaz non condensable (air), qui, par sa présence, constitue une barrière sur la paroi du tube du condenseur, désactivant ainsi le phénomène de condensation. Ce qui explique la réduction graduelle du débit du condensât pendant la nuit.

La comparaison de la variation de la température de l'eau de mer à l'entrée du condenseur avec le débit du condensât sont présentés à travers la fig.13.b. Il en découle que la condensation de la vapeur dans le condenseur s'effectue dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h avec une température moyenne du fluide froid (eau de mer) supérieure à 23°C.

Pour ventiler la serre, la vitesse d'entraînement de l'air varie quotidiennement suivant une allure présentée dans la Fig.14. On note qu'elle atteint son maximum dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h avec une vitesse égale à 7.02 m/s. Les profils du débit de condensât mesuré sont en parfait accord avec ceux de la vitesse de l'air à l'intérieur de la serre. On précise que cette vitesse est indépendante des conditions météorologiques ambiantes.

4. Conclusion

A la lumière des résultats obtenus, on note que l'optimisation du fonctionnement de la serre doit tenir compte de l'orientation relative de la surface de cette dernière par rapport à l'équateur. Elle doit tenir compte également de la disposition des tubes installés au plafond, car le rayonnement solaire joue un rôle crucial dans la condensation, étant liée directement à la température de l'air et à l'humidité relative dans la serre. Ces trois paramètres influent directement sur le débit du condensât qui atteint son maximum dans l'intervalle de 08:00 à 18:00 h, lorsque il fait jour. Alors, on propose l'installation des tubes ailetés pour favoriser la

condensation par piégeage intensif de l'humidité de l'air et d'arrêter l'installation pendant la nuit. L'approche, combinant le dessalement de l'eau de mer et l'effet de serre tout en exploitant le phénomène de condensation de la vapeur d'eau présente dans l'air, semble répondre favorablement aux besoins en eau, exprimés pour l'agriculture. Il est intéressant de noter qu'une solution au manque de l'eau dans le monde n'est pas de produire plus d'eau, mais d'employer moins d'eau dans l'irrigation en agriculture.

Références

- [1] C.J. Vörösmarty, P. Green, J. Salisbury and R.B. Lammers, *Science*, 289 (2000) 284-288.
- [2] P.A. Davies, C. Paton, *Desalination*, 17 (2005) 000-000.
- [3] M.F.A. Goosen, S.S. Sablani, W.H. Shayya, C. Paton and H. Al-Hinal, *Desalination*, 129 (2000) 63-89.
- [4] E. Delyannis and V. Belessiotis, *Advances in Solar Energy*, 14 (2001) 287-330.
- [5] E. Delyannis, *Solar Energy*, 75 (2003) 357-366.
- [6] S. Sablani, M.F.A. Goosen, C. Paton, W.H. Shayya, H. Al-Hinai, *Desalination* 1 (59) (2003) 283-288.