

Comportement thermique d'une enceinte avec un système de stockage dans l'eau en deux sites différents

¹S. Kherrou, ²A. Bouhdjar

Résumé — Le stockage de l'énergie solaire fait objet de recherche afin d'arriver à une utilisation quantitative appréciable de celle-ci. Pour ce faire, un système de stockage de l'énergie est indispensable pour être exploité dans les différents domaines.

Le travail effectué dans deux sites différents (Beraki et Ghardaïa) consiste à stocker de l'énergie solaire dans des gaines en plastiques remplies d'eau, cette énergie est due essentiellement du rayonnement solaire pendant la journée. Cette dernière est utilisée pour le chauffage durant la nuit.

Un modèle numérique est fait en décrivant le comportement thermique de la serre, du stockage et l'impact de ce dernier sur le microclimat de la serre.

En ce qui concerne l'impact du stockage thermique sur le microclimat de la serre, l'étude a montré que la température du stockage reste presque constante quand on utilise la quantité d'eau mesurée.

La quantité de chaleur d'échange dépend de plusieurs paramètres, les coefficients d'échange convectif naturel, ce dernier a peu d'influence et a une valeur limitée, de la surface d'échange qui est un facteur constant dépend du fonctionnement de la serre et de la différence de la température qui est conditionnée par le fonctionnement de la serre dont la fonction principal d'agriculture par contre la quantité d'énergie de stockage peut être augmentée en déterminant le volume de stockage nécessaire répondant à tous les besoins de la végétation.

Mots clés: Rayonnement – Température – serre solaire – stockage thermique – Rayonnement.

I. INTRODUCTION

Le stockage de l'énergie solaire fait objet de recherche afin d'arriver à une utilisation quantitative appréciable de celle-ci. Pour ce faire, un système de stockage de l'énergie est indispensable pour être exploité dans les différents domaines.

Notre travail consiste à stocker de l'énergie solaire dans des gaines en plastiques remplies d'eau, cette énergie est due essentiellement du rayonnement solaire pendant la journée. Cette dernière est utilisée pour le chauffage durant la nuit.

Un modèle numérique est fait en décrivant le comportement thermique de la serre, du stockage et l'impact de ce dernier sur le microclimat de la serre.

Les résultats expérimentaux sont interprétés et comparés à ceux obtenus numériquement.

S. Kherrou, *Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa, Algérie* (e-mail: s.kherrou@yahoo.fr)

A. Bouhdjar, *Centre de développement des énergies renouvelables, ALGER, Algérie* (e-mail: bouhdjar@cder.dz)

II. OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Notre étude a pour but d'observer le comportement thermique de la serre ainsi d'élaborer un logiciel de simulation permettant de prévoir le comportement thermo hydrique du système « serre agricole de type mono tunnel », (en particulier l'évolution de la température de l'air intérieur, de la plante et d'autres matériaux de la serre) durant des journées types de simulation.

III. FORMULATION MATHÉMATIQUE :

a. Bilan d'énergie au niveau de l'air intérieur:

L'air intérieur échange de l'énergie par convection avec la couverture, le sol, le végétal et les gaines.

L'équation du bilan de puissance traduisant le principe de conservation d'énergie au niveau de l'air intérieur s'écrit comme suit [1-2] :

$$(m \cdot Cp)_{ai} \cdot \frac{dT_{ai}}{dt} + Q_c + Q_p + Q_r = IGT_{ai} + Q_w + Q_v + Q_E + Q_S \quad (1)$$

b. Bilan d'énergie au niveau du couvert végétal:

Comme le végétal est composé d'eau à 95% dans sa masse totale, nous l'assimilons à une masse d'eau, compte tenu des différents échanges thermiques effectués par le couvert végétal [3], le bilan de puissance au niveau du végétal est donné par :

$$(m \cdot Cp)_v \cdot \frac{dT_v}{dt} + Q_v + Q_E = IGR \cdot (1-\gamma) \cdot \alpha_v \cdot \tau \cdot \chi \quad (2)$$

c. Bilan thermique au niveau de la surface du sol:

$$IGR \cdot \tau \cdot (1-\gamma) \cdot \alpha_s \cdot B \cdot (1-\chi \cdot \alpha_v) = h_s \cdot A_s \cdot (T_{ss} - T_{ai}) + K_s \cdot A_s \cdot \frac{(T_s - T_{ss})}{Z_s} \quad (3)$$

d. Bilan d'énergie au niveau de la masse d'eau :

Le bilan d'énergie au niveau du stockage est donné par le rayonnement solaire incident, la chaleur accumulée, la chaleur perdue vers l'air intérieur, les pertes thermiques de l'eau vers le sol. Le bilan s'écrit comme suite [4] :

$$IGT_g = (m \cdot Cp)_w \cdot \frac{dT_w}{dt} + Q_{wz} + Q_w \quad (4)$$

IV. MESURE EXPERIMENTALE :

a. Mesure de la température à l'intérieur de la serre :

Les températures au niveau de la paroi supérieure, inférieure de la gaine et dans le stockage sont mesurées à l'aide des sondes thermométriques connectées à des enregistreurs type HYDRA-FLUKE [5].

La température de l'air intérieur est mesurée à l'aide des sondes thermométriques. La mesure s'effectue à 0,5 m ; 1,5m et 2,1m du sol.

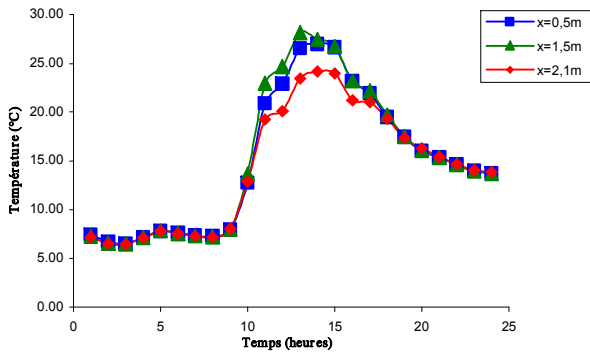


Fig. 1 Evolution de la température de l'air intérieur pour différentes hauteurs

D'après la figure 2.2, l'évolution de la température de l'air intérieur pour les trois hauteurs suit la même allure avec un petit écart irrégulier, et pour cela on a considéré que la température à l'intérieur de la serre est uniforme. On a retenu la température mesurée à la hauteur de 1,5 m du sol pour servir de valeur de référence dans la comparaison, car elle n'est pas influencée immédiatement par le stock ou par la couverture de la serre (air extérieur).

b. Mesure de la température du sol :

Diverses sondes thermométriques sont placées à différentes profondeurs dans le sol (5 ; 10 ; 20 ; 30 ; 50 et 100 cm). Ces sondes nous donnent l'évolution de la température dans le sol. D'après les relevés obtenus, la température du sol reste presque constante au delà de 1m de profondeur (Figure 2).

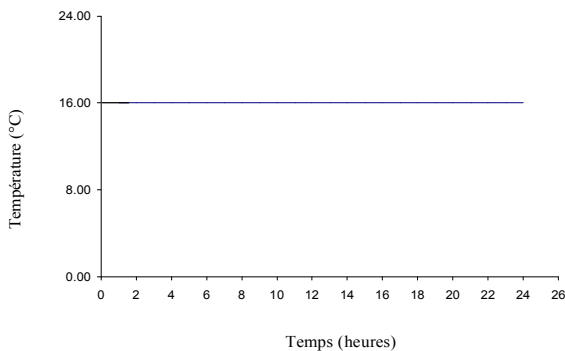


Figure 2.3 Evolution de la température du sol en fonction du temps à une profondeur de 1m (journée du 07 / 12 / 2003)

V. INTERPRETATION

a. Rayonnement solaire :

Les figures 3 et 4 montrent le rayonnement global calculé, en considérant la relation de HOLLAND pour un ciel clair et le rayonnement global mesuré sur site par l'intermédiaire de pyranomètre Kipp et Zonen de classe 5 [6].

Pour les deux figures les deux courbes présentent la même allure mais avec un écart important. Cette différence est probablement due au aérosol qui augmente l'intensité du rayonnement diffus mesuré sur site de GHARDAIA et à l'état du ciel qui est relativement couvert durant la journée considérée pour le rayonnement mesuré à l'INRA.

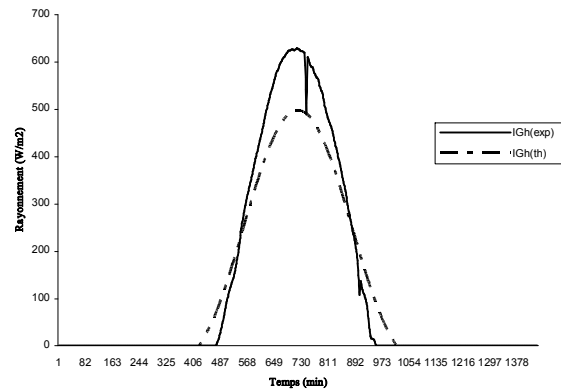


fig.3 Estimation du rayonnement sur un plan horizontal de la serre sur le site de Ghrdaia le 21/12/04

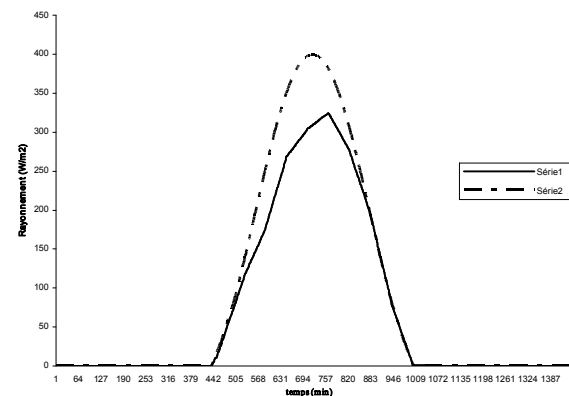


fig. 4 Evaluation du rayonnement global sur un plan horizontal de la serre sur le site de beraki (21/12/04)

Les figures 5 et 6 montrent la répartition du rayonnement sur les différentes surfaces à l'intérieur de la serre (gaine, surface du sol, végétale) et l'air intérieur. Ces valeurs sont déduites du rayonnement global théorique en considérant une certaine absorptivité pour chacune des surfaces.

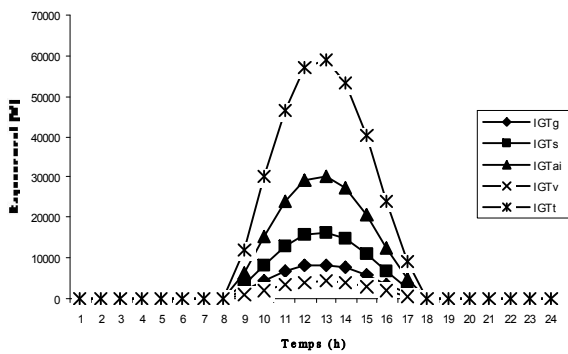


fig. 5 Estimation du rayonnement solaire reçu par les différents éléments de la serre sur le site de Ghardaia (21/12/04)

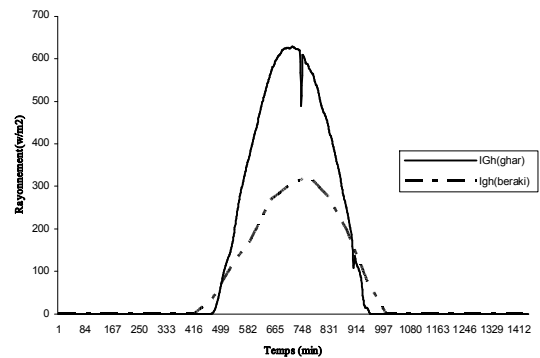


fig.8 Evolution du rayonnement solaire pour les deux site (21/12/04)

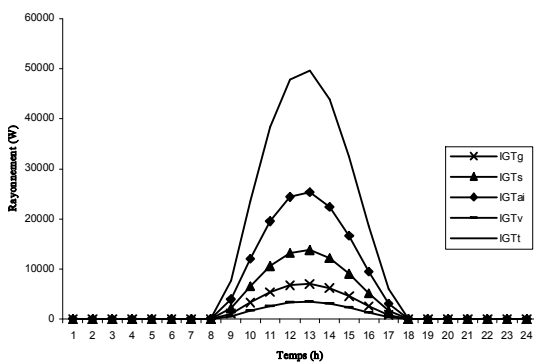


fig. 6 Estimation du rayonnement solaire reçu par les différents éléments de la serre sur le site de BERAKI (21/12/04)

Les figures 7 et 8 permet la comparaison de l'évolution du rayonnement théorique et mesuré à l'URAER et le rayonnement théorique et mesuré à l'INRA.

Les deux courbes ont la même allure avec un écart logique due aux données météorologique des deux sites (figure 7), et un écart très important due aux aérosol qui augmente le diffus sur le site de GHARAIA et à l'état du ciel qui est probablement couvert sur le site de BERAKI (figure 8).

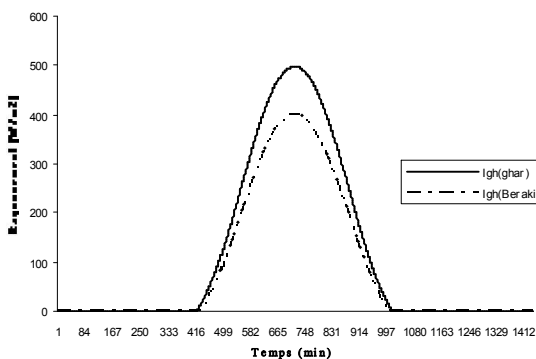


fig.7 Estimation du rayonnement solaire sur un plan horizontal pour les deux site (21/12/04)

La figure 9 nous permet de faire une comparaison entre la quantité d'énergie reçue par les gaines dans les deux sites.

Les deux courbes ont la même allure avec un écart qui est due aux données météorologique.

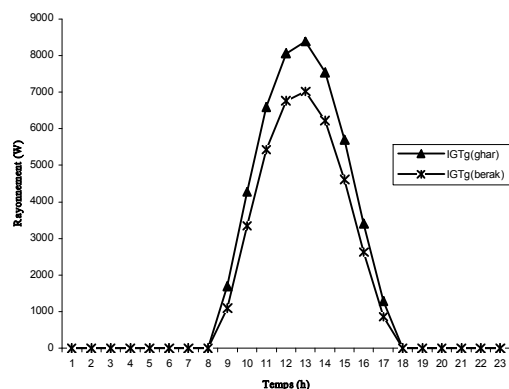


fig. 9 Estimation du rayonnement théorique reçu par la surface des gaines (21/12/04)

b. Variation de la température des différents éléments de la serre :

La figure 10 montre l'évolution de la température de l'air extérieure mesuré sur les deux sites.

On remarque que l'écart qui est due aux climat du site est presque le même pendant toute la journée sauf de 18 h à 23 h (nuit) où il y a une chute de température a cause de la circulation de l'air (pression).

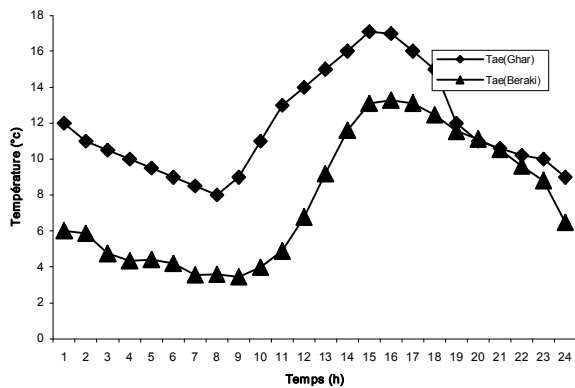


fig.10 Evaluation de la temperature de l'air exterieur mesurée aux deux sites le 21/12/04

Les figures 11 et 12 indique l'évolution des températures des surfaces présentes (sol, gaine, plante) et la températures de l'air intérieur calculées en exploitant le rayonnement théorique respectivement sur le site de BERAKI et GHARDAIA.

Ces calculs ont été effectués en considérant certaines hypothèses sur les états de surface (absorptivité, réflectivité, émissivité) .

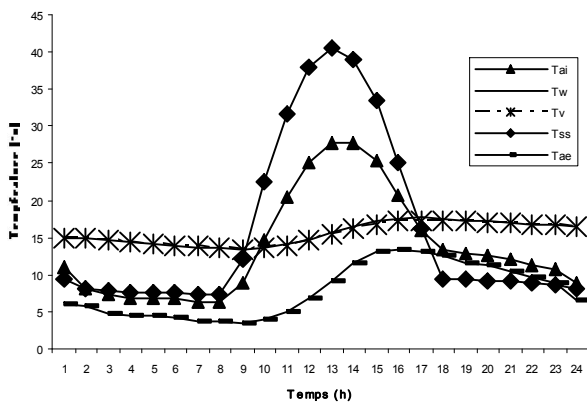


fig.11 Evaluation de température des différents éléments de la serre sur le site de BERAKI (21/12/04)

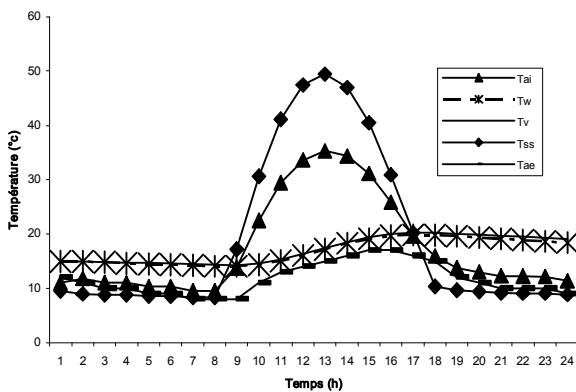


fig.12 Evaluation de la température des différents élément de la serre sur le site de Ghardaia (21/12/04)

l'évolution des températures de l'air intérieur de la serre (figure 13) et de la surface du sol (figure 14)

On remarque que l'écart de température pour l'air intérieur est plus important que pour la surface de sol dans la période nocturne.

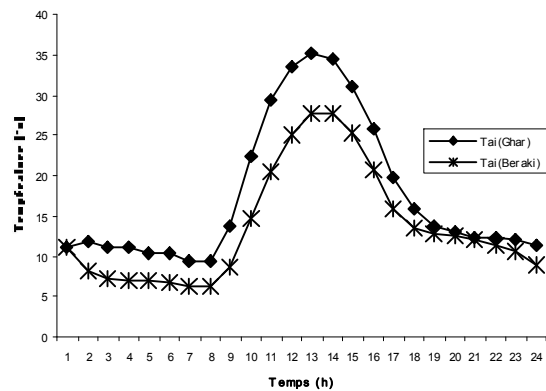


fig.13 Evaluation de la température théorique de l'air intérieur pour les deux site (21/12/04)

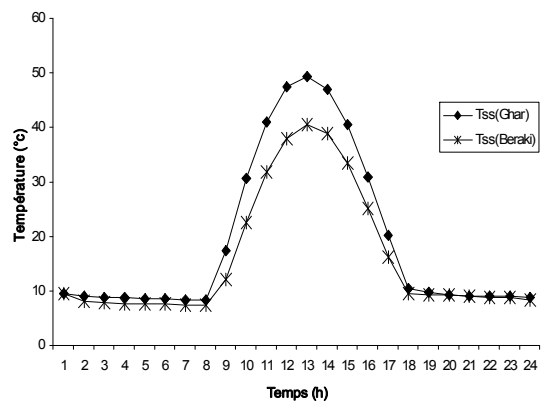


Fig.14 Evolution de la température de la surface du sol pour les deux sites (21/12/04)

Les figures 15 et 16 montrent respectivement l'évolution de la température du stock et la température du végétale pour les deux sites. La température du stock pour le site de GHARDAIA reste supérieure à sel de BERAKI pendant la période nocturne. IL est a noté que les courbes de température de stock et sel de la végétation sont presque les même car le volume considérer est presque le même.

Les courbes présenter dans les figures ci dessous indiquent

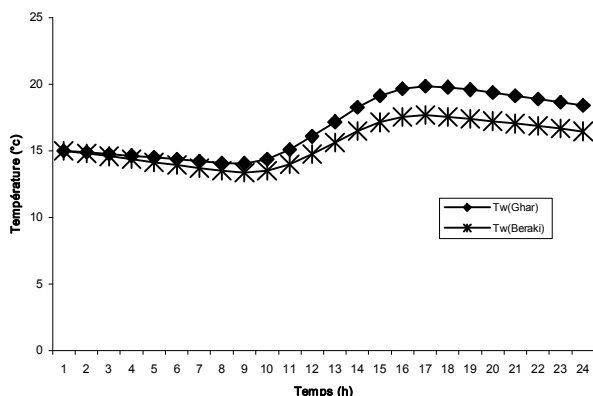


fig.15 Evaluation de la température théorique du stock pour les deux sites (21/12/04)

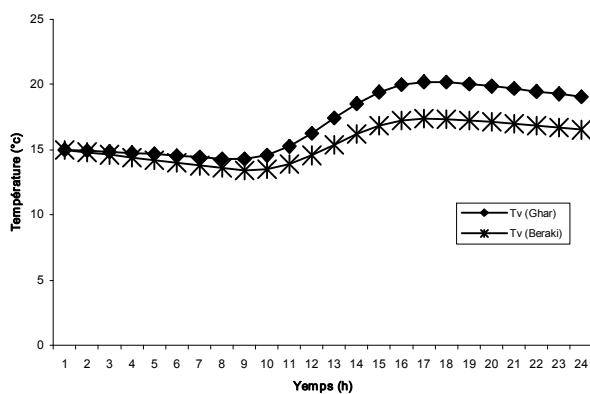


fig.16 Evaluation théorique de la température du végétal pour les deux sites (21/12/04)

VI. CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous pouvons donc dire que les évolutions simulées et expérimentales de l'énergie solaire et des températures des différents éléments de la serre sont différentes, les écarts varient d'une courbe à l'autre. Ces écarts sont dus, d'une part à l'estimation théorique du rayonnement solaire et la précision des différents coefficients d'échange utilisées. Les erreurs expérimentales sont dues essentiellement aux conditions climatiques, à l'opérateur et à l'instrument utilisé. Après comparaison de résultats des deux sites, nous pouvons dire que le modèle qu'on a proposé est assez représentatif.

En ce qui concerne l'impact du stockage thermique sur le microclimat de la serre, l'étude a montré que la température du stockage reste presque constante quand on utilise la quantité d'eau mesurée.

Et comme résultat, on peut dire que l'augmentation du rayonnement solaire peut empêcher la chute de la température de l'air intérieure de la serre pendant la période nocturne, surtout aux zones semi aride.

Il reste que les résultats obtenus soient réalisables sur le site de GHARDAIA.

NOMENCLATURE

LETTRES LATINES :

A	surface d'échange	[m ²]
CP	chaleur spécifique	[J/Kg.°K]
D	Taux de renouvellement d'air	[1/s]
h	coefficient d'échange par convection	[w/m ² °K]
I ₀	constante solaire	[w/m ²]
I _d	rayonnement solaire direct	[w/m ²]
I _{dh}	rayonnement diffus	[w/m ²]
IG	rayonnement solaire globale	[w/m ²]
k	coefficient d'échange par conduction	[w/m.°K]
m	la masse	[Kg]
Q	flux de chaleur	[w]
T	température	[°K]
V _{ai}	volumétrie de la serre	[m ³]
Z	profondeur de la couche du sol	[m]

LETTRES GRECQUES :

χ	Fraction de surface
β	Fraction de surface
α	Coefficient d'absorptions
γ	Coefficient de réflexion
τ	Coefficient de transmission

INDICES :

g	gaine
v	plante
w	stockage
c	couverture
ai	air intérieur
ae	air extérieur
s	surface du sol

REFERENCES

- [1] HAMID A., « contribution à l'étude du bilan thermique de la serre avec stockage en galets », Thèse de Magistère ; CDER ; 1989
- [2] SACADURA J.F, «Initiation aux transferts thermiques », Edition : Technique et documentation (Lavoisier) ; Paris 1982
- [3] GHEYMARD C. & BILGEN E. , « Elément d'analyse du rayonnement solaire solaire et son estimation au QUEBEC »; 1978
- [4] KITTAS, « Contribution théorique et expérimentale à l'étude du bilan d'énergie des serres », thèse docteur-ingénieur ; Université de Perpignan ; 1980
- [5] MARIE. PRUVOT J. , « Possibilités et limites de l'aspersion dans la climatisation des serres agricoles », thèse docteur-ingénieur ; Université de Perpignan ; 1983
- [6] DIN M. , Tiwari G.N. , Ghosal M.K, « affect of thermal storage on the performance of greenhouse » , International journal of energie research , Vol 27 pp 79-92 ; 2003