

Effet de Stockage Thermique sur la Performance d'une Serre Tunnel sous Climat Saharien

Salah BEZARI^{1*}, Amor BOUHDJAR²

¹Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algeria

²Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 16340, Algiers, Algeria

* (bezarisalah@yahoo.fr)

Résumé - Ce travail consiste en l'installation et l'expérimentation de deux serres agricoles, l'une non chauffée (serre témoin) et l'autre chauffée, en introduisant un lit de galets comme un système de stockage thermique dans le sud algérien. L'étude permet d'introduire le rayonnement solaire comme paramètre climatique, afin de déterminer l'humidité relative et les températures de chaque sous-système de la serre (air intérieur, sol et plante). Pour une température de consigne exigée par la plante et dans le but d'estimer instantanément les besoins énergétiques de la serre. Par ceci les besoins extérieurs de la serre expérimentale sont inférieurs à ceux de la serre témoin. En effet, il se trouve que notre système permet d'améliorer le processus de chauffage de la serre expérimentale durant la période nocturne.

1. Introduction

Maintenir un environnement à l'intérieur de la serre à des conditions optimales pour un développement régulier des plantes exige le contrôle des facteurs élémentaires de cet environnement. Les paramètres les plus importants sont les températures de l'air, l'humidité, l'éclairage, ceux-ci sont intimement liés [1] et la variation d'un paramètre implique la variation des autres. Les plantes ont certaines exigences de température, la régulation de celle-ci à l'aide de chauffage auxiliaire induit une consommation importante de fuel. L'utilisation des énergies renouvelables pour le chauffage des serres peut constituer une alternative.

La fonction essentielle d'une serre agricole est de créer un microclimat plus favorable aux exigences de la plante que le climat local ou régionale. La température représente l'un des paramètres les plus importants pour la gestion du climat malgré la difficulté de la contrôler. En fait, sa valeur optimale diffère d'une culture à l'autre et selon le stade cultural. Son importance réside dans le fait qu'elle influence la photosynthèse, la respiration et intervient dans la vitesse de croissance, le bourgeonnement, le calibre et la fermeté du produit. A noter que La différence de température entre le jour et la nuit constitue également un facteur essentiel.

Cependant, afin de maintenir une stratégie de contrôle du climat, le chauffage est nécessaire durant les périodes hivernales ou la température est inférieure à la température de consigne exigée par la plante et la ventilation est nécessaire durant les périodes chaudes.

Au cours des dernières décennies, un très grand nombre de travaux sur l'étude des phénomènes énergétiques traitant le climat intérieur des serres ont été conduits par Jolliet [2], Bouhdjar [3], Kürklü [4]. Ainsi le stockage dans le sol de la serre a été étudié par Bezari [5] et Boulard [6]. Dans ces dispositifs, le contact de l'air avec un sol saturé en eau a pour conséquence une humidité relative élevée dû à l'évaporation. Ceci diminue l'efficacité du système et crée des problèmes phytosanitaires au niveau des cultures. Le dispositif expérimenté dans cette étude atténue ce phénomène.

2. Expérimentation

Ce travail consiste en l'installation et l'expérimentation de deux serres agricoles, l'une non chauffée (serre témoin) et l'autre chauffée (serre avec dispositif de stockage thermique), dans la région de Ghardaïa à l'Unité de Recherche Appliquée en Energie Renouvelables URAER. On s'est intéressé à la courgette et particulièrement au stade de floraison. Une étape qui exige des températures comprises entre 17°C et 25°C.

2.1. Installation du système de stockage

Le système de stockage thermique est composé de quatre conduites cylindriques en PVC de 200 mm de diamètre. Les conduites sont disposées en formant deux H. Les tubes sont remplis des galets ayant un diamètre approximatif variant de 50 à 100mm (figure 1). Les galets ont été préalablement lavés et séchés. Leur disposition est aléatoire. Le lit de galets est placé horizontalement à l'intérieur de la serre, enterré à 0,70m de profondeur (figure 2).



Figure 1 : *Disposition des galets*



Figure 2 : *Disposition du lit de galets*

2.2. Installation de la serre tunnel

L'expérience a été effectuée dans une serre tunnel semi-cylindrique qui a une orientation nord-sud avec une déviation vers l'ouest d'environ 20°. Les ouvertures (portes) dans les parois latérales ont été créées pour but de ventilation [7]. Le film utilisé pour notre serre est en polyéthylène basse densité linéaire. Il a une bonne résistance mécanique mais il est très extensible (allongement réversible) de l'épaisseur de 0,18 mm. Les dimensions de la serre tunnel étaient les suivantes: largeur 8 m, longueur 25 m et une hauteur de 3 m.

2.3. Data acquisition

Le relevé des différents paramètres physiques (flux solaire global, température, humidité relative de l'air) se fait à travers deux acquisitions de données l'une de type LINSEIS et l'autre de type HYDRA FLUKE. Cette dernière est reliée à un microordinateur où sont affichées les mesures effectuées en temps réel.

2.4. Appareillages de mesure

L'étude expérimentale entreprise consiste à mesurer systématiquement les températures à l'intérieur de la serre à trois hauteurs (figure 3), à la surface du sol et sur la végétation, ainsi que les sollicitations extérieures (l'éclairement solaire, température ambiante) figure 4.

Le dispositif expérimental sur lequel on a effectué les mesures comprend essentiellement :

- deux serres tunnel (témoin et avec stockage) ;
- l'instrumentation pour les mesures physiques ;
- deux systèmes d'acquisitions de type HYDRA FLUKE et AGILENT



Figure 4 : Station radiométrique
URAER – Ghardaïa

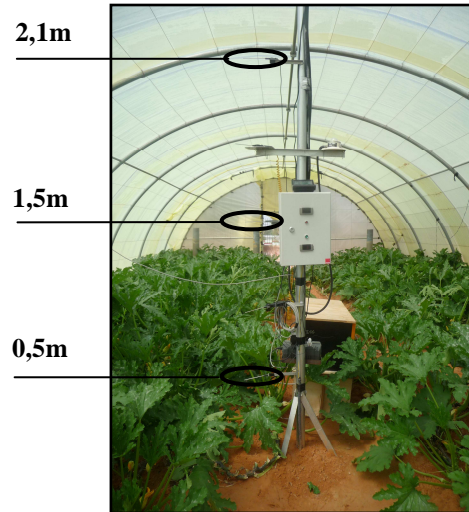


Figure 3 : Disposition des thermocouples

3. Résultats et interprétation

3.1. Rayonnement

Sur la figure 5, nous avons tracé l'évolution au cours du temps des rayonnements solaires global, direct et diffus pour une journée à ciel clair. Nous pouvons constater que la puissance lumineuse va en augmentant depuis le lever du soleil jusqu'à atteindre une valeur maximale de 620 W/m^2 aux environs de 13h local correspondant à 12 TSV. A cette heure du jour, le soleil se trouve au zénith (le point le plus haut dans le ciel) et l'énergie qu'il émet est maximale du fait que les cosinus directeurs de l'incidence du flux lumineux avoisinent l'unité. Ce après quoi, le soleil continuant sa trajectoire en s'abaissant sur le l'horizon engendre une augmentation de l'angle d'incidence qui s'accompagne d'une diminution de l'intensité du flux lumineux reçu au niveau du sol. Le flux solaire direct diminue donc progressivement jusqu'à atteindre une valeur nulle au environ de 18h15 local.

L'évolution du rayonnement solaire diffus est uniformément répartie autour de la valeur moyenne de 125 W/m^2 , soit 18% de l'éclairement énergétique global.

La superposition des composantes directe et diffuse sur une surface horizontale du flux solaire donne le rayonnement solaire global. La courbe décrivant l'évolution de ce dernier (Fig.5) au cours d'une journée avec ciel clair est similaire à celle du rayonnement solaire direct. La valeur maximale de 840 W/m^2 du rayonnement solaire global est atteinte aux alentours de 13h local.

La figure 6 représente l'éclairement global instantané pour la journée du 28 Février 2010 mesurés à l'intérieur et à l'extérieur de la serre expérimentale. Le calcul du flux d'énergie total transmis à travers la couverture de la serre fait intervenir le coefficient de transmission du matériau de la couverture (polyéthylène), celui-ci est déduit expérimentalement par le rapport de l'éclairement global mesuré à l'intérieur de la serre à celui mesuré à l'extérieur de la serre.

On observe bien que la transmissivité est faible au début de la journée puis elle augmente d'une façon progressive au fur et à mesure que la journée avance pour atteindre une valeur de 0,75. Ce qui correspond à une élévation de l'éclairement global. Le phénomène de condensation va donc diminuer peu à peu jusqu'à sa disparition.

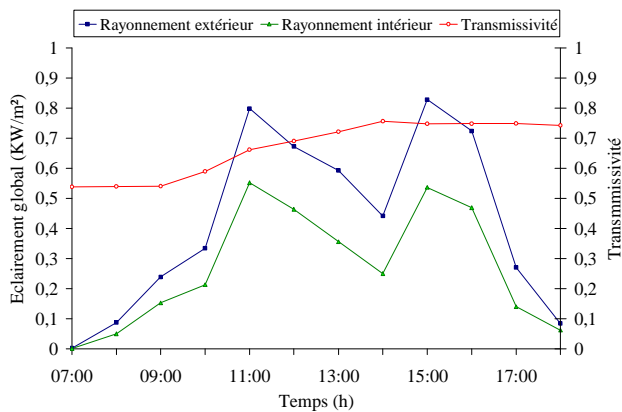


Figure 6 : Eclairement global instantané mesuré à l'intérieur et à l'extérieur de la serre expérimentale à Ghardaïa

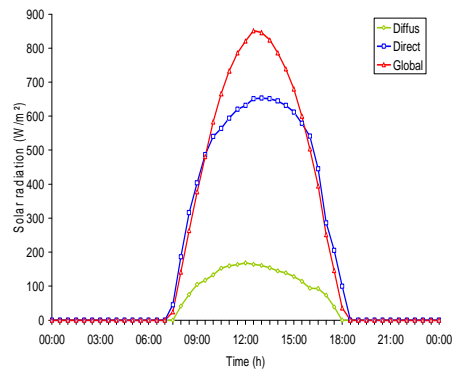


Figure 5 : Variation de l'intensité des radiations solaires sur une surface horizontale à Ghardaïa

3.2. Température et humidité

Le principal paramètre auquel fait appel cette étude est la mesure de la température intérieure de la serre pour plusieurs sollicitations. Dans un premier temps, il s'agit de déterminer les températures de l'ambient intérieur et afin d'avoir un état représentatif, les thermocouples ont été placés sur le même axe vertical et selon les hauteurs de 2.1 m, 1.5 m et 0.5 m (figure 3). Dans cette optique, nous proposons de tracer les profils des températures qui correspondent à la période allant du 04 au 11 Mars 2010 (figure 7).

Les résultats montrent que les courbes suivent les mêmes évolutions quelque soit la hauteur et avec un écart globalement faible et le phénomène de stratification de la température de l'air n'est pas aussi important. C'est pour cette raison qu'on peut supposer que la distribution de la température dans la serre est presque uniforme.

La figure 8 montre les comportements des températures de la surface du sol et de la végétation mesurée dans la serre chauffée durant de la journée à savoir le 13 Février.

On remarque que les courbes ont presque la même forme avec des écarts moins importants suivant les états de surface (absorptivité, réflectivité et émissivité). Les températures superficielles du sol sont généralement plus grandes par rapport à celles des plantes. L'écart maximum peut atteindre 5.1 °C (figure 8). Il est à noter que parfois la température du sol devient inférieure par rapport à la température de la plante; ceci est dû certainement à l'irrigation. Cette opération a été effectuée le jour lui-même (13 Février entre 7h30 et 11h30).

La figure 9 représente les évolutions des humidités relatives dans la serre expérimentale (serre avec stockage thermique) et la serre témoins (serre sans stockage thermique). Le degré d'humidité qu'il convient d'avoir dans la serre est directement fonction de sa température. En effet, l'augmentation brusque de la température de l'air par effet de serre engendre une chute rapide de son humidité relative; celle-ci atteint son minimum de 18% à 13h local où la température est à son maximum correspondant à un flux solaire maximum.

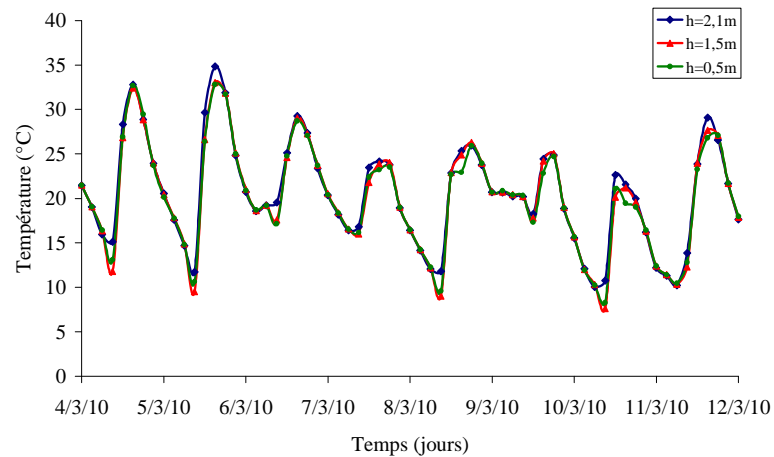


Figure 7 : Evolution de la température de l'air intérieur pour différentes hauteurs (Journées du 04 jusqu'à 11 mars)

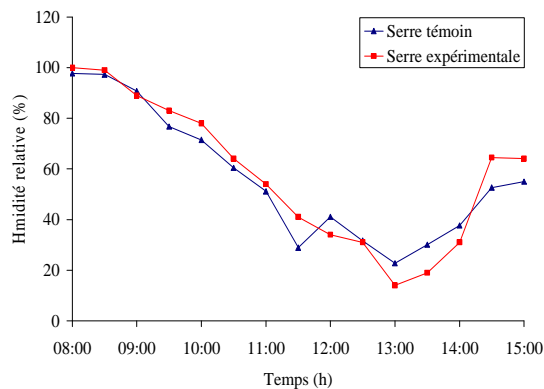


Figure 9 : Evolution de l'humidité relative de l'air

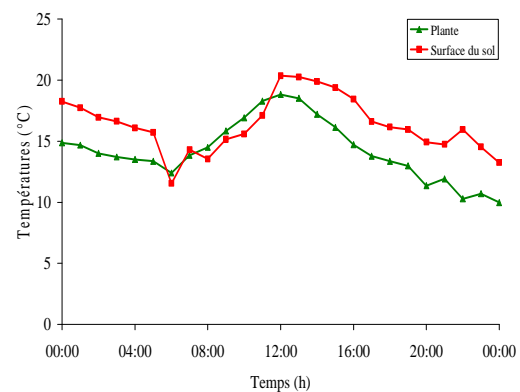


Figure 8 : Evolution de la température mesurée dans la serre expérimentale

Sur les figures (10.a) et (10.b), on a présenté les besoins de chauffage de la serre témoin et de la serre expérimentale pour la nuit du 16 au 17 Mars 2010, avec une température de consigne de 17°C (température nocturne nécessaire à la courgette durant ce stade de développement). Les courbes montrent que les besoins de la serre expérimentale sont inférieurs à ceux de la serre témoin. Ces résultats prouvent que le système de stockage thermique avec lit de galets est partiellement efficace et il n'est pas vraiment satisfaisant.

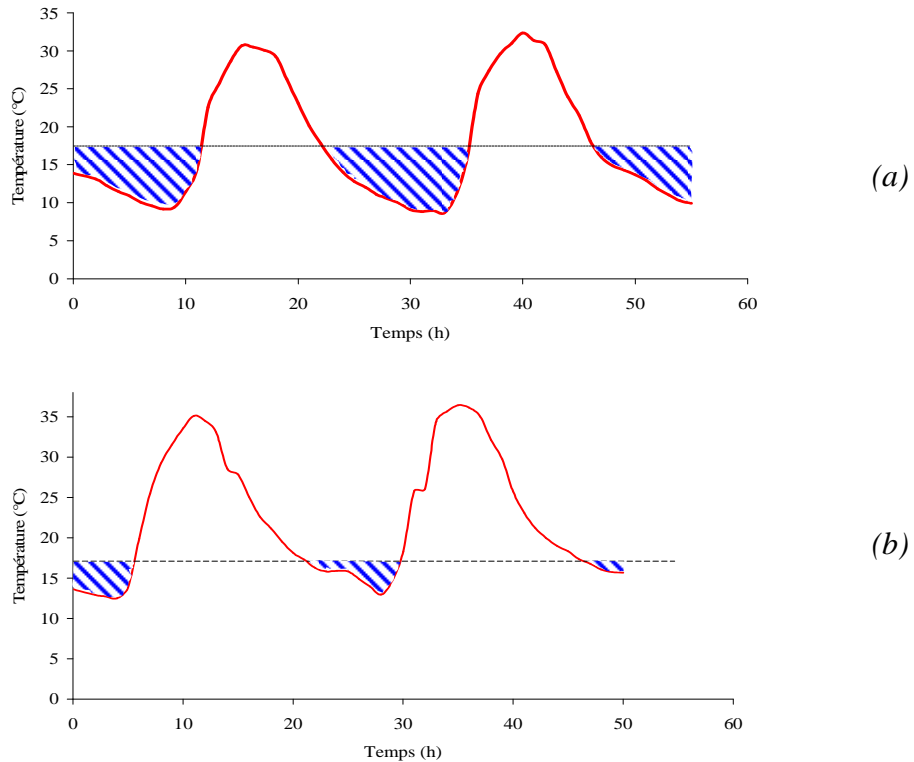


Figure 10 : *Besoin de chauffage de la serre*
 (a) *Serre témoin* – (b) *Serre expérimentale*

4. Conclusion

En conclusion, des mesures soignées et une étude détaillée, sur un cycle de culture complet, de deux serres horticoles soumises à même programme agronomique, dont l'un avec système de stockage thermique des excédents solaires, permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le système de stockage thermique n'a pas d'influence négative sur les cultures, qui ont systématiquement donné des récoltes similaires dans l'une et l'autre de la serre témoins.
- L'efficacité du stockage serait améliorée, si une solution pratique à la circulation de l'air était trouvée maintenant un même ordre de stratification.
- Les besoins extérieurs de la serre expérimentale sont inférieurs à ceux de la serre témoin.
- L'étude montre que les températures et les irradiances solaires sont des paramètres influents sensiblement sur la production agricole en général.

Références

- [1] S. Bezari, A. Bouhdjar, Réalisation d'un dispositif de stockage thermique. *Premier Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables*, Ghardaïa (2010).
- [2] O. Joliet, Modélisation du comportement thermique d'une serre horticole. *Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne* Thèse de Docteur Ingénieur, (1988).

- [3] A. Bouhdjar et al, Etude et réalisation d'un système de chauffage d'une serre tunnel à l'aide de l'énergie géothermique. *Proc 3^{ème} Edition des Journées Internationales de Thermique*, Lyon (1987).
- [4] A. Kürklü and S. Bilgin, A study on the solar energy storing rock-bed to heat a polyethylene tunnel type greenhouse, *Renewable Energy* vol 28, (2003), 683 – 697.
- [5] S. Bezari, A. Bouhdjar et N. Ait Messaoudene, Etude du microclimat d'une serre tunnel équipée d'un dispositif de stockage thermique dans l'eau. *Revue des Energies Renouvelables CDER*, Numéro Spécial ICRESD Tlemcen, (2007) 307-313.
- [6] Th. Boulard, E. Razafinjohany et E Baille. Etude et modélisation dynamique de transfert de chaleur dans une serre à stockage dans le sol. *Proc 3^{ème} Edition des Journées Internationales de Thermique*, Lyon (1987).
- [7] Y. Cormary, C. Nicolas, La thermique des serres. *Edition Eyrolles*. Paris, (1985).