

## Etude Expérimentale sur le Stockage Thermique dans un Lit de Galets Destiné au Chauffage des Serre Agricoles

S. BEZARI<sup>1</sup>, A. BOUHDJAR<sup>2</sup>, S.M.A. BEKKOUCHE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133 Ghardaïa, Algérie

<sup>2</sup> EPST, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, B.P. 62, 16340, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie

[bezarisalah@yahoo.fr](mailto:bezarisalah@yahoo.fr)

**Résumé :** Une expérimentation sur le stockage thermique dans des galets d'une serre de dimension standard a été menée à l'URAER Ghardaïa. On s'intéresse à la détermination des caractéristiques et des performances thermiques du dispositif de stockage. Une analyse portera sur l'énergie stockée et les principaux paramètres du microclimat créé par la serre à savoir, la température de l'air et l'humidité relative. Les résultats expérimentaux obtenus de la serre chauffée seront confrontés avec celles d'une serre témoin. Cette étude nous a permis de déterminer l'évolution de l'humidité et de la température au sein des différents sous systèmes de la serre en fonction du temps pendant la période d'expérimentation.

### Mots clés :

Energie solaire - Serre - Stockage thermique - Microclimat - Lit de galets - Température

## 1. Introduction

La culture sous abris est devenue un instrument ordinaire de notre approvisionnement en produits frais. Quelle que soit l'optique choisie: économique, sociale ou écologique, la production locale apparaît plus sensée que l'importation de régions lointaines, lorsqu'il s'agit de produits cultivés de toutes façons sous abris. Cela étant, sous nos climats l'exploitation raisonnée des infrastructures impose à quasi toute saison le chauffage des serres (de mi septembre à mi juin), alors même que de jour elles rejettent par ventilation naturelle d'importants excès solaires.

La fonction essentielle d'une serre agricole est d'obtenir une récolte à rendement élevé avec une certaine précocité et de créer un microclimat plus favorable aux exigences de la plante que le climat local ou régional. Les principaux facteurs climatiques du milieu interne à une serre sont la température, la lumière et l'humidité. Il est connu que, par l'effet de serre, le sol et les plantes situés sous abris recevant les rayons du soleil, s'échauffent bien plus qu'à l'air libre. Ceci est dû à la réduction de l'effet du vent et aussi aux propriétés physiques de la couverture de la serre d'où effet de "piégeage" des radiations solaires. La température représente l'un des paramètres les plus importants pour la gestion du climat malgré la difficulté de la contrôler [1].

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. Ainsi pour 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 [2,3]. De ce fait, un système de stockage d'énergie approprié est utilisé conjointement. Ce dernier consiste à emmagasiner l'excédant d'énergie du jour et à le restituer pour son utilisation durant la nuit (stockage de courte durée).

La méthodologie est largement fondée sur une démarche pratique et inductive dans l'acquisition des résultats, l'idée de départ est de concevoir deux serres tunnels à couverture plastique : l'une expérimentale équipée d'un dispositif de stockage thermique en lit de galets et l'autre témoin.

## 2. Protocole expérimental

Les deux serres expérimentales sont installées à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables de Ghardaïa, recouvertes de polyéthylène base densité (PEBD), de 25 m de longueur, de 8 m de largeur et sa surface au sol est de 200 m<sup>2</sup>. Ce sont des systèmes qui transforment l'énergie solaire en énergie calorifique par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur (l'air). Elles sont localisées en milieu saharien dans une

zone dégagée de toute habitation. Les deux serres sont orientées vers la direction Nord-Sud avec une déviation vers l'Ouest de 20°. La distance entre les deux serres est sept fois la hauteur.



Figure 1 : Serre témoin



Figure 2 : Serre expérimentale

### 2.1. Dispositif de stockage thermique

Le stockage thermique dans les lits de galets est utilisé dans les systèmes utilisant l'air comme fluide caloporteur. Dans ce système, l'air de la serre est récupéré et envoyé dans un stockage par une ventilation forcée, généralement disposé sous l'espace de culture de la serre. C'est un stockage de courte durée (jour/nuit). 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 (figure3).



Figure 3 : Installation des conduites



Figure 4 : Disposition des galets

Les tubes sont remplis des galets ayant un diamètre approximatif variant de 50 à 100 mm. 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 0,70 m de profondeur (Figure 4).

### 2.2. Système de ventilation

L'air de la serre est mis en mouvement par l'intermédiaire de deux ventilateurs installés au milieu, c'est-à-dire deux entrées d'air (situées dans le centre de gravité de format H) et huit sorties de l'air (disposées à deux mètres par rapport aux montants latéraux de la serre).

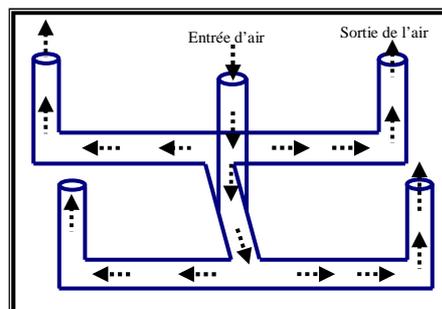


Figure 5 : Schéma montrant le trajet de l'air dans le système de stockage

### 2.3. Instrumentation et mesures

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 affichant les mesures effectuées en temps réel. Des thermo-hygrographes permettent d'enregistrer la température et l'humidité à 2,44 m du sol dans la serre expérimentale, dans la serre témoin et à l'extérieur. Les températures à l'entrée et à la sortie du stock et le long du lit ont été mesurées par des sondes thermométriques PT100 à quatre fils connectées à des enregistreurs type HYDRA-FLUKE. Les sondes d'entrée et de sortie sont munies d'un cache en Aluminium pour éviter tous les échanges par rayonnement entre les sondes et les éléments de la serre. Le rayonnement global d'origine solaire, transmis à travers la couverture de la serre a été mesuré par un pyranomètre fixé à un mât positionné au dessus de la végétation et relié à une acquisition de donnée FLUKE. Il effectue la mesure des rayonnements globaux à l'intérieur de la serre sur une surface horizontale. Les différents paramètres du dispositif ont été mesurés ou déterminés à partir de la bibliographie [2,4].

### 3. Analyse des résultats

On s'est intéressé à la culture des courgettes. Le système se met en marche lorsque la température à l'intérieur de la serre sera supérieure à 27°C pour le stockage et inférieure à 15°C pour le déstockage. Notre contribution s'appuie sur une étude expérimentale détaillée qui a été effectuée pour prédire les températures de l'air ambiant intérieur et extérieur, de l'humidité relative intérieure et extérieure et le sol que se soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la serre.

Les résultats observés prouvent que le ciel subit quelques perturbations nuageuses. La figure 6 donne une comparaison entre les températures dans la serre expérimentale, dans la serre témoin (sans dispositif de stockage) et la température extérieure. Tout d'abord, nous avons confirmé par la présente étude que la température de l'air intérieur de la serre est nettement supérieure par rapport à la température de l'air ambiant extérieur. Ces résultats sont automatiquement justifiés par l'effet de serre mis en jeu pendant la période diurne. En ce qui concerne la période nocturne, nous avons constaté que la température dans la serre expérimentale est supérieure à celle de la serre témoin. Effectivement, on peut dire que nous sommes rapprochés de notre but primordial. En d'autres termes, nous avons réussi à chauffer partiellement l'air intérieur par le biais du système de stockage thermique. Le lit de galets cède de la chaleur par convection forcée vers l'air ambiant intérieur de la serre. A cet effet, nous estimons qu'il faudra améliorer l'inertie thermique des galets pour pouvoir gagner plus de température. Notre système installé permet de gagner de 3 à 5°C. Ce niveau de température permet de protéger les courgettes des températures critiques.

La figure 7 représente les évolutions des humidités relatives dans la serre expérimentale (serre avec système de stockage) et de l'air extérieur. Nous constatons que l'humidité relative à l'intérieur de la serre est supérieure à celle de l'air extérieur et que sa valeur maximale ne dépasse pas 95%. Nous enregistrons une humidité relative à l'intérieur de la serre variant entre 40 à 95%, le sol de la serre étant maintenu humide. Nous avons donc considéré que l'atmosphère intérieure de la serre est presque saturée en vapeur d'eau (évaporation du sol, évapotranspiration de la végétation). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par d'autres auteurs [4].

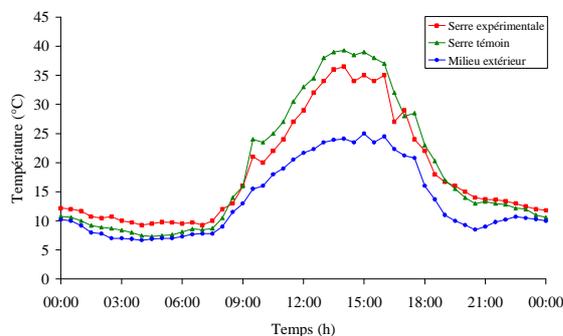


Figure 6 : Evolution journalière de la température de l'air (23 Février 2010)

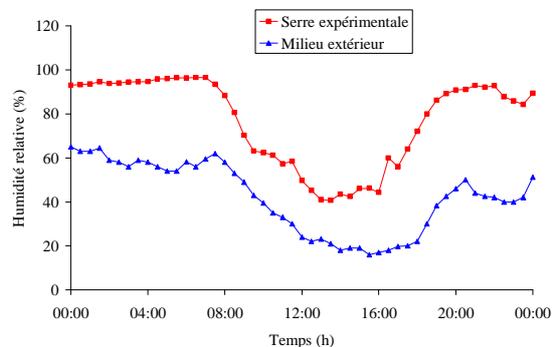


Figure 7 : Evolution journalière de l'humidité relative de l'air (23 Février 2010)

La figure 8 décrit l'évolution de la température en différents points du lit. Les résultats expérimentaux prouvent que, pendant une période diurne, les relevés des températures montrent une diminution de celles-ci avec la distance d'emplacement des thermocouples. Ce qui signifie que le transfert de chaleur convectif se propage le long de la conduite de l'entrée à la sortie de l'orifice. Les valeurs expérimentales de la distribution de la température font apparaître une certaine inertie au démarrage, néanmoins elles confirment le stockage de l'énergie. D'autre part, les relevés des températures montrent une augmentation de celles-ci avec la distance. Le phénomène physique dans ce cas conjugue la persistance du déstockage thermique des galets.

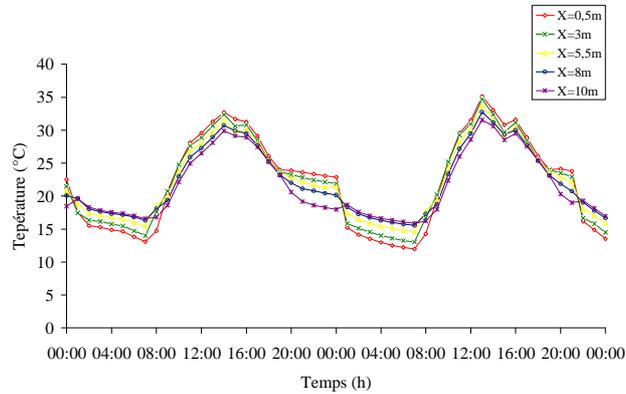


Figure 8 : Evolution de la température mesurée de l'air du stock en fonction du temps pendant deux journées (stockage et déstockage)

#### 4. Conclusion

L'objectif visé est l'expérimentation d'un dispositif simple permettant de stocker l'excès de la chaleur captée par effet de serre durant la journée puis, le restituer pour le besoin du chauffage nocturne. Par cet effet, il se trouve que la température de la serre expérimentale est supérieure à celle de la serre témoin. Cette étude a montré qu'il est possible d'améliorer les paramètres les plus importants conditionnant un développement régulier des plantes à l'aide de notre système de stockage. Néanmoins, l'efficacité du stockage peut être améliorée par l'augmentation de la chaleur intérieure de la serre.

#### Références

- [1] 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 ICRES D Tlemcen, pages 307-313, 2007.
- [2] 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, pages 683 – 697, 2003.
- [3] A. Bouhdjar et A. Boulbina, Rockbed as a heat storage material for greenhouse heating. *Proceedings of Congress Energy and the Environment*, UK London, 2325–2327, 1990.
- [4] A. Bouhdjar, A. Boulbina et A. Hamid, Etude expérimentale d'un stockage thermique dans des galets utilisés dans une serre tunnel. *Journée Internationale de Thermique*, pages 500-508, 1989.