

Etude et Réalisation d'une Installation Solaire de Chauffage d'Eau Collectif

A. Hamid, S. Sami, D. Semmar, D. Lafri et R. Kharchi

Centre De Développement Des Energies Renouvelables, CDER, BP 62, Route De l'Observatoire,
Bouzaréah 16 340, Alger- Algérie

Résumé – *Cet article comporte deux parties, la première consiste à dimensionner, réaliser et expérimenter une installation de chauffage d'eau collectif d'une capacité de 400 litres.*

La deuxième partie est consacrée à l'étude du système d'appoint et l'influence du coût de cette énergie sur l'optimisation et le dimensionnement de l'installation.

Abstract – *This article includes two parts, the first one consists of the dimensioning, realisation and experimentation of a collective solar water heating installation having capacity of a 400 litres.*

The second part concerns the study of the auxiliary system and the cost influence of this energy on the installation optimisation and dimensioning.

Mots clés: Energie solaire - Température de l'eau - Cuve de stockage - Capteur solaire - Fraction solaire - Système d'appoint - Optimisation - Coût de l'énergie d'appoint

1. INTRODUCTION

L'Algérie est un pays potentiellement intéressant pour l'exploitation de l'énergie solaire. il dispose en effet sur un territoire d'un gisement solaire considérable.

Il est donc du plus grand intérêt pour un pays comme l'Algérie de pouvoir estimer les potentialités offertes par un tel type d'énergie et d'identifier les moyens de s'en servir et l'intégrer dans la stratégie de la politique énergétique du pays.

Une des applications les plus intéressantes de l'énergie solaire, le chauffage de l'eau solaire est actuellement l'application la plus rentable de cette énergie et donc celle qui a la plus grande chance de se développer à court terme.

Nous distinguerons dans ce travail deux parties distinctes, la première consiste à dimensionner l'installation en premier lieu, la réalisation en second et enfin effectuer quelques tests afin d'étudier les performances thermiques de l'installation.

La deuxième partie est consacrée à l'étude du système d'appoint qui doit être capable de faire face à de longues périodes sans soleil, durant laquelle il doit assurer la totalité des besoins en chauffage. L'installation d'appoint doit donc être la même que celle qui n'utiliserait pas le solaire.

Cette étude fait l'objet de développement d'un modèle mathématique qui détermine d'une part l'énergie reçue par le soleil et d'autre part la quantité d'énergie que doit consommer le système d'appoint pour plusieurs sites Algériens.

2. EXPERIMENTATION D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE D'EAU COLLECTIF

2.1. Description du banc d'essai

L'installation est composée de deux parties distinctes:

- **Champs de captage:** composé de capteurs de production locale, chaque capteur a une surface de 1,2 m² et est constitué d'une plaque noire en Aluminium de faible épaisseur montée sur un radiateur de 9 tubes. ces capteurs sont montés sur une surface inclinée à la latitude du site.
- **Cuve de stockage:** de capacité de 400 litres, dans laquelle un échangeur est immergé à l'intérieur.

La circulation de l'eau est assurée par un circulateur à trois vitesses.



Fig. 1: Photo de l'installation

2.2. Les paramètres mesurés

Les différents paramètres mesurés sont:

- L'éclairement solaire;
- Le débit massique;
- Les différentes températures du champ de captage et dans la cuve de stockage.

Les paramètres météorologiques tels que la vitesse du vent et la température ambiante sont calculés au niveau du C.D.E.R

Nous avons utilisé un débitmètre digital, la valeur du débit est constante et vaut 300 l/h [1]

2.3. Résultats et interprétation

Les tests ont été effectués au niveau du C.D.E.R site qui présente les caractéristiques suivantes:

Latitude : 36°, 8'

Altitude : 345 m

Longitude: 3°,12'

Albédo : 0,2

Les journées de mesure sont à ciel clair, afin d'éviter de perturber les systèmes, les résultats expérimentaux présentés sont de la journée du 31/08/99 avec un pas de temps de 15 minutes.[1]

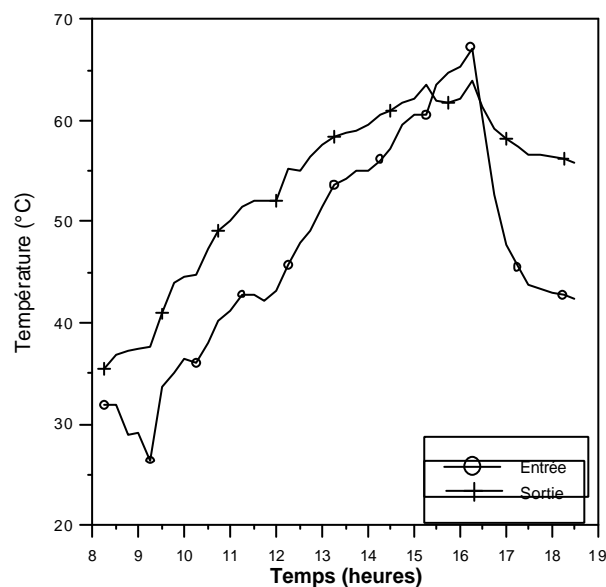


Fig. 2: Evolution des températures entrée et sortie Pour la journée du 31/08/99

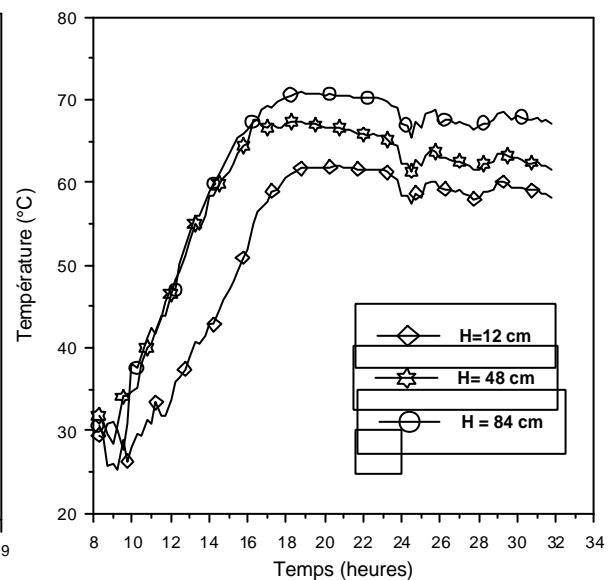


Fig. 3: Profil des températures dans la cuve de stockage à différentes hauteurs (31/08/99)

La figure 2 représente l'évolution des températures entrée et sortie du champs de capteurs durant la journée du 31/08/99,et ce de 8 h 21 mn à 18 h 21 mn.

L'écart entre les températures entrée et sortie est presque uniforme, sa valeur atteint les 10°C (de 10h10mn à 15h 10mn), par contre en début de fonctionnement et en fin de journée les courbes se confondent parce que le système est à l'arrêt.

ces deux paramètres sont essentiels pour déterminer les performances du champs de captation.

La figure 3 représente les évolutions de la température à différentes hauteurs dans la cuve de stockage. (h=12 cm ;h=48 cm ; h=84 cm) durant toute la journée du 31/08/99. le pas de temps est de 15 minutes.

Les courbes ont la même allure et chacune d'elles représente deux phases à savoir:

- **Phase1:** phase de charge, la température dans la cuve augmente considérablement et sa courbe représente une droite avec une très importante pente (la température augmente d'environ 40°C)
- **Phase2:** le système en fin de journée étant à l'arrêt, la température est relativement élevée et tend à se stabiliser. l'évolution est une droite de faible pente négative, ceci est dû aux pertes thermiques vers l'extérieur.

3. LE SYSTEME D'APPOINT

3.1. Modélisation mathématique

3.1.1. Méthode d'optimisation

L'énergie du système d'appoint est donnée par l'expression suivante:[3]

$$Q_{aux} = (1-F).L$$

F représente la fraction de satisfaction mensuelle des besoins énergétiques grâce à l'apport solaire et L représente les besoins journaliers en eau chaude.[2]

Le rapport direct entre Q_{aux} et A_C nous permet de déterminer A_p , la surface optimale de captation qui est donnée par :[2]

$$A_p = \frac{1}{I} \ln \left[\frac{Q_m C_F I}{(C_c + b C_T + C_g) I} \right]$$

$$I = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Les paramètres λ et Q_m sont les caractéristiques du système d'appoint.

3-2- Résultats et interprétation

Pour le calcul de l'énergie d'appoint nous avons constaté que le climat est un paramètre important; Q dépend de la fraction solaire F qui dépend à son tour du climat.

Pour traiter tout le territoire national nous avons utilisé le zonage utilisé par Borel [4] pour chaque zone nous avons étudié un site précis, dont le tableau suivant:

Tableau 1: caractéristiques des zones climatiques

Zone	A	B	B'	C	D1	D2	D3
Site	Bouzaréah	Tlemcen	Chlef	Batna	Biskra	Adrar	Tamanrasset
Latitude	36° 48'	34° 53'	36° 10'	35° 34'	34° 51'	27° 52'	22° 42'
Longitude	2° 53' E	1° 19' W	1° 21' E	6° 11' E	5° 44' E	0° 17' W	5° 31' E
Altitude	300 m	806 m	112 m	1040 m	124 m	286 m	1400 m

3.2.1. Choix des énergies conventionnelles

Aujourd'hui l'électricité n'est plus un concurrent potentiel pour le solaire. Ces deux formes d'énergie sont complémentaires. La moyenne d'électrification nationale dépasse 80 %.

En Algérie le recours au gaz naturel peut-être un élément concurrentiel en ce moment vue le faible prix du gaz, mais en observant l'histogramme de rattachement des logements au réseau de gaz de ville, on constate que seules les quatre villes importantes en Algérie dépassent les 50 % de rattachement, le reste est insignifiant dans la mesure ou la moyenne nationale ne dépasse pas 10%. [5]

Nous avons déterminé l'énergie d'appoint en fonction du lieu d'implantation de l'installation et de ses différents composants.

L'installation étudiée comporte une cuve d'une capacité de 1500 litres. L'étude se porte sur des sites du nord et du sud suivant les zones climatiques. Une ville de chaque zone a été étudiée.

Les valeurs des coûts des différents composants sont:

$$\begin{aligned} C_C &= 1000 && \text{DA/ m}^2 \\ C_T &= 8000 && \text{DA/ m}^3 \\ C_\gamma &= 250 && \text{DA/ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_F &= 3 \text{ DA/kWh} = 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ DA/ K j} \\ I &= 0.125 \text{ (} i = 11\% ; n = 20 \text{ ans)} \\ b &= 0.06 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

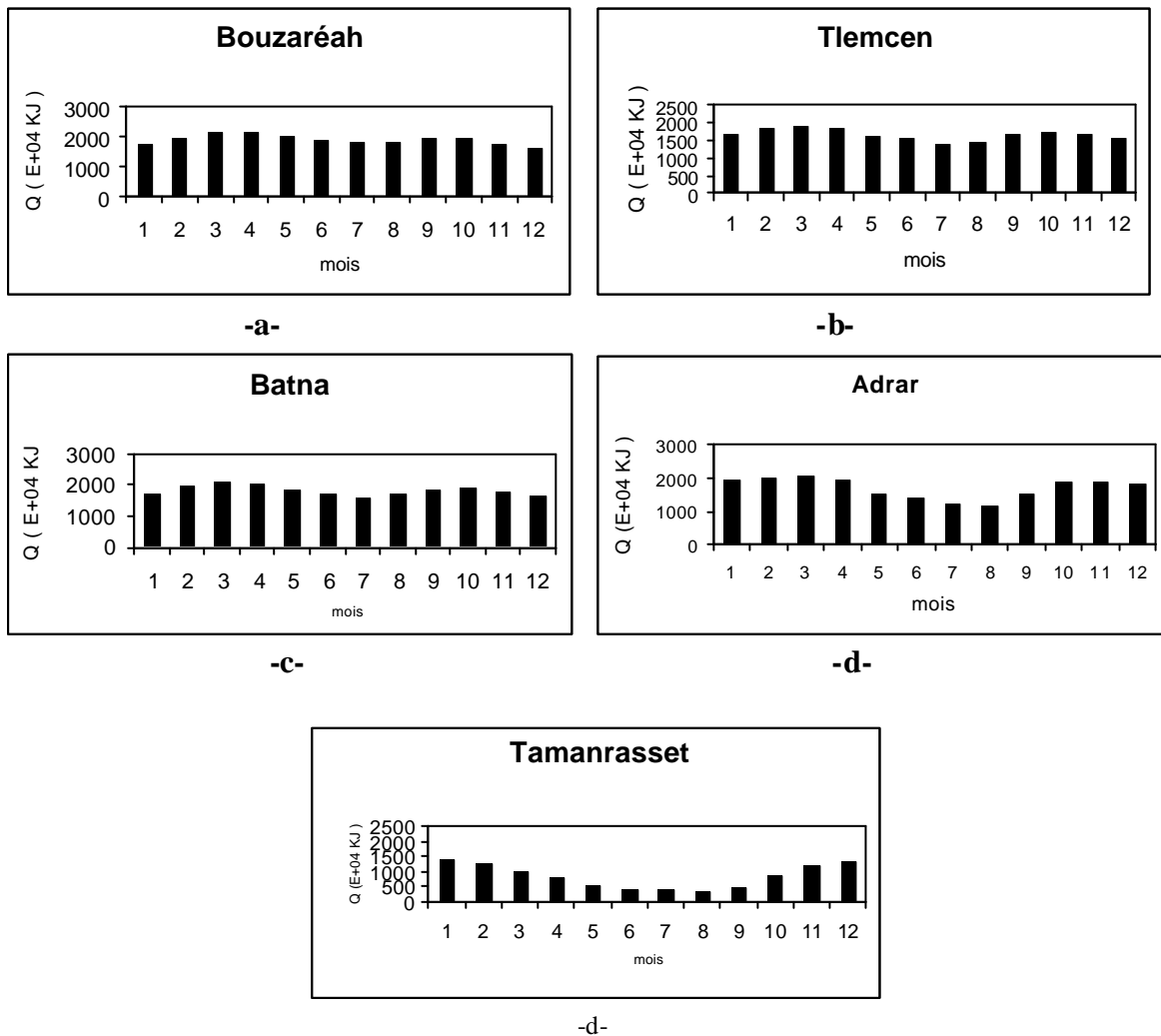


Fig. 4: variation mensuelle de l'énergie d'appoint
Pour les différents sites Algériens ($C_f = 3 \text{ DA/ kWh}$)

Pour étudier l'influence du coût de l'énergie d'appoint nous avons augmenté la valeur de Cf
 $C_f = 4.5 \text{ DA/kWh}$, on obtient:

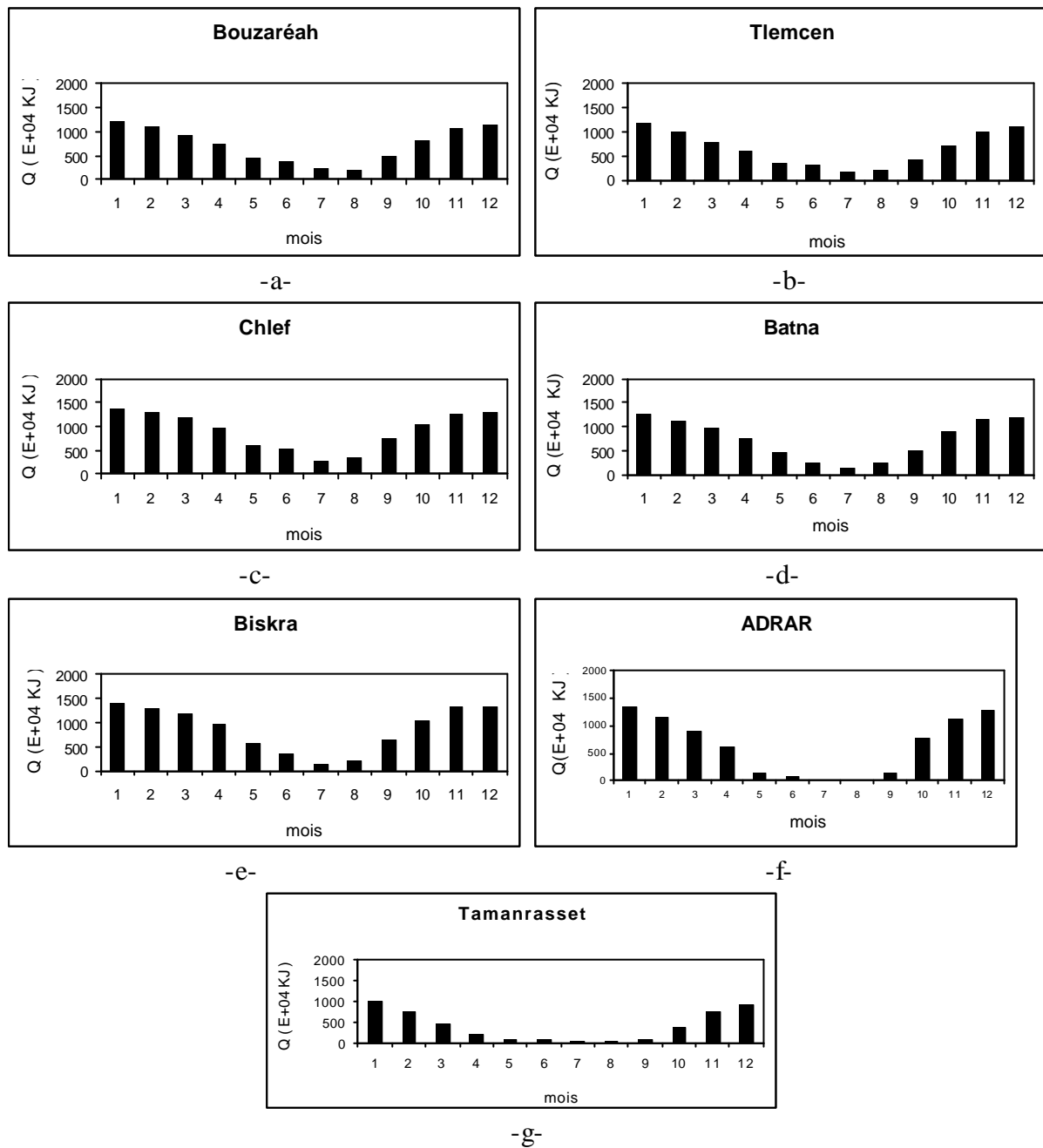


Fig. 5: variation mensuelle de l'énergie d'appoint
 Pour les différents sites Algériens ($C_f = 4,5 \text{ DA/ kWh}$)

4. CONCLUSION

- L'expérimentation d'une installation de chauffage d'eau collectif d'une capacité de 400 litres effectuée en première partie de ce travail nous a permis de:
 - ◆ Acquérir une expérience pour la réalisation des installations solaires collectives;
 - ◆ Recueillir de nombreuses informations sur le fonctionnement de l'installation;
 - ◆ Avoir une base de données pour la validation de différents modèles;

- ◆ Amélioration de la précision de notre modèle numérique en agissant sur les différentes hypothèses simplificatrices et sur le choix des différents coefficients de transfert utilisés.
- L'étude faite en deuxième partie sur le système d'appoint nous a permis de trouver un système d'appoint fiable et performant, afin de l'utiliser pendant les périodes où l'énergie fournie par le soleil est insuffisante, et cela en utilisant la méthode F chart.

On peut conclure qu'en ce qui concerne l'énergie électrique, que:

- ◆ Le coût de celle ci influe sur l'énergie d'appoint;
- ◆ La disponibilité de l'électricité au moins sur les deux tiers du pays;
- ◆ La facilité de branchement des résistances;
- ◆ Le volume des résistances nous permet d'éviter le problème d'encombrement.

Dans les prochains temps nous allons nous pencher sur l'énergie du gaz naturel mais nous pouvons déjà citer ces quelques remarques importantes:

- ◆ Le coût du gaz est moins cher;
- ◆ Une partie non négligeable de la population est dépourvue du gaz et ce problème se pose même pour quelques wilayas du centre;
- ◆ La surface des chaudières (usage industriel) posent le problème de l'encombrement;
- ◆ Le coût des chaudières (usage industriel) est élevé;
- ◆ Les chaudières ainsi que les chauffe eau ont besoin de révision au moins une fois par an, ce qui engendrera des coûts supplémentaires.

NOMENCLATURE

C _C : Coût du capteur par unité de surface	(DA/ m ²)
C _T : Coût de la cuve de stockage par unité de volume	(DA/ m ³)
C _γ : Coût des éléments reliés directement au capteur	(DA/ m ²)
C _F : Le coût par unité de l'énergie d'appoint	(DA/ kWh)
i : Le taux d'intérêt annuel	
n : Le nombre d'années de paiement	

REFERENCES

- [1] S. Sami, "Etude du Comportement Thermique d'une Installation de Chauffage d'Eau Collectif", Rapport interne (CDER 1999)
- [2] S. Sami, A. Hamid, D. Lafri, D. Semmar et R. Kharchi, "Optimisation des Surfaces de Captation des Installations Solaires de Chauffage d'Eau Collectif", CHEMSS 2000- Alger 13-15 Mai 2000
- [3] John A. Duffie and William A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes", 2nd ed, 1991
- [4] Djenas Samia, "Elaboration des Zones Climatiques en Algérie", PFE (C.S.T.B 1984)
- [5] A. Hamid et H. Bendrihem, "Influence du Système de Chauffage Solaire sur la Consommation Énergétique du Pays", World Energy Council- 1^{er} Symposium du comité algérien de l'énergie le secteur de l'énergie en Algérie face aux défis du XXI^{ème} siècle Alger: 25-26 Novembre 1996